Agriculture Canada
Research Branch
Direction générale de la recherche

Report I – 944 Rapport

August 1987 Août

Engineering and Statistical Research Centre

Centre de recherche technique et statistique

# Summary of 1983 - 1985 Contract Reports of the Energy Research and Development in Agriculture and Food (ERDAF) Program

# Résumé des rapports des travaux faits sous contrat en 1983 - 1985 dans le cadre du programme de Recherche et de Développement Energétique dans l'Agro-Alimentaire (RDEAA)

Canada

## TABLE OF CONTENTS

## TABLE DES MATIÈRES


| Title | Page | Titre |
|---|---|---|
| INTRODUCTION | | INTRODUCTION |
| **Farm Production Energy Conservation** | | **Économie d'énergie, production agricole** |
| HEAT RECOVERY EQUIPMENT FOR USE IN LIVESTOCK VENTILATION (1927) | 3 | MATÉRIEL DE RÉCUPÉRATION DE CHALEUR POUR LA VENTILATION DU BÉTAIL (1927) |
| HEAT RECOVERY EQUIPMENT FOR USE IN LIVESTOCK BUILDINGS (EC13) | 5 | MATÉRIEL DE RÉCUPÉRATION DE CHALEUR DESSERVANT DES BÂTIMENTS À BÉTAIL (EC13) |
| DEVELOPMENT OF A SIMPLE LOW-COST DIRECT-READING HUMIDITY DETECTOR (EC27) | 7 | MISE AU POINT D'UN DÉTECTEUR D'HUMIDITÉ À LECTURE DIRECTE, SIMPLE ET BON MARCHÉ (EC27) |
| INNOVATIVE TECHNIQUES TO REDUCE SUPPLEMENTAL HEAT IN LIVESTOCK AND POULTRY BUILDINGS (EC40) | 9 | TECHNIQUES INNOVATRICES POUR RÉDUIRE LA CHALEUR COMPLÉMENTAIRE DANS LES ÉDIFICES ABRITANT LE BÉTAIL ET LA VOLAILLE (EC40) |
| INFLUENCE OF LEGUME-SOIL AND MICROORGANISMS ON EFFICIENCY OF NITROGEN ASSIMILATION BY CORN PLANTS (EC41) | 11 | INFLUENCE DU SOL À LÉGUMINEUSES ET DES MICROORGANISMES SUR L'EFFICACITÉ DE L'ASSIMILATION DE L'AZOTE PAR LES PLANTES DE MAÏS (EC41) |
| IMPROVEMENT IN CORN CRIB DESIGN AND DEVELOPMENT OF AN APPROPRIATE TECHNOLOGY FOR HANDLING COB CORN (EC49) | 13 | AMÉLIORATION DE LA CONCEPTION DES CRIBS À MAÏS ET MISE AU POINT D'UNE TECHNOLOGIE APPROPRIÉE À LA MANUTENTION DES ÉPIS DE MAÏS (EC49) |
| ASSESSMENT OF NATURAL GAS AS AN ON-FARM MOTOR FUEL IN ALTA AND SASK (EL22) | 15 | ÉVALUATION DU GAZ NATUREL COMME CARBURANT DANS LES FERMES DE L'ALBERTA ET DE LA SASK (EL22) |
| GUIDE TO SOIL AS AN UNDERGROUND HEAT STORAGE MEDIUM (ER28 & ER30) | 17 | LE SOL COMME MILIEU SOUTERRAIN DE STOCKAGE DE LA CHALEUR (ER28 & ER30) |
| **Food Industry Energy Conservation** | | **Économie d'énergie, industrie alimentaire** |
| ENERGY SURVEY AND CONSERVATION HANDBOOK FOR RESTAURANTS (CP01) | 19 | ENQUÊTE SUR LA CONSOMMATION DE L'ÉNERGIE ET MANUEL D'ÉCONOMIES D'ÉNERGIE POUR LES RESTAURANTS (CP01) |
| POTENTIAL FOR ENERGY CONSERVATION IN THE FOOD RETAILING SECTOR (CP04) | 21 | POSSIBILITÉ D'ÉCONOMIES D'ÉNERGIE DANS LE SECTEUR DE LA VENTE AU DÉTAIL DES ALIMENTS (CP04) |
| A STUDY OF THE ENERGY REQUIREMENTS RELATED TO WATER USAGE IN FISH PLANTS (CP06) | 23 | UNE ÉTUDE DES BESOINS D'ÉNERGIE LIÉS À L'UTILISATION D'EAU DANS LES USINES DE TRANSFORMATION DU POISSON (CP06) |
| ENERGY CONSERVATION THROUGH THE CONTROL OF COMMERCIAL COOKING EQUIPMENT EXHAUST AND MAKE-UP AIR (CP07) | 25 | ÉCONOMIES D'ÉNERGIE PAR LE RÉGLAGE DE L'AIR D'ÉCHAPPEMENT ET DE REMPLACEMENT DE L'ÉQUIPEMENT COMMERCIAL DE CUISSON (CP07) |
| STUDY OF ENERGY CONSERVATION OPPORTUNITIES FOR THE CANADIAN MEAT PROCESSING INDUSTRY (CP08) | 27 | ÉTUDE DES POSSIBILITÉS D'ÉCONOMIES D'ÉNERGIE POUR LE SECTEUR CANADIEN DE LA VIANDE (CP08) |
| ENERGY CONSUMPTION AND QUALITY OF FOODS COOKED IN PREHEATED AND COLD-START OVENS (CP09) | 29 | CONSOMMATION D'ÉNERGIE ET QUALITÉ DES ALIMENTS CUITS DANS DES FOURS AVEC ET SANS PRÉCHAUFFAGE (CP09) |

| | Page | |
|---|---|---|
| CONVENTIONAL STEAM RETORT VERSUS DIRECT FLAME STERILIZER FOR PROCESSING CANNED LOW-ACID FOODS (EP03) | 31 | AUTOCLAVE À VAPEUR TRADITIONNEL VERSUS STÉRILISATEUR À FLAMME DIRECTE POUR LE TRAITEMENT DES ALIMENTS À FAIBLE ACIDITÉ (EP03) |
| EVALUATION OF RETROFIT ENERGY CONSERVATION DEVICES FOR FOOD RETAILING OUTLETS (EP05) | 33 | ÉVALUATION DE DISPOSITIFS DE RÉFECTION POUR L'ÉCONOMIE D'ÉNERGIE DANS LES POINTS DE VENTE D'ALIMENTS AU DÉTAIL (EP05) |
| LOW TEMPERATURE MEAT COOKERY FOR THE HOME MARKET (EP06) | 35 | UNE MIJOTEUSE À VIANDE À BASSE TEMPÉRATURE POUR LE MARCHÉ DE L'ÉLECTROMÉNAGER (EP06) |
| EVALUATION OF A LOW-ENERGY MECHANICAL TOMATO PEELING SYSTEM (EP07) | 37 | ÉVALUATION D'UN SYSTÈME MÉCANIQUE D'ÉPLUCHAGE DE TOMATES, CONSOMMANT PEU D'ÉNERGIE (EP07) |
| HEAT RECOVERY FROM SPRAY DRYERS (EP20) | 39 | RÉCUPÉRATION DE CHALEUR DES SÉCHEURS À PULVÉRISATION (EP20) |
| **Solar Energy** | | **Énergie solaire** |
| SOLAR DRYER FOR THE TREATMENT OF HORITCULTURAL PEAT (0230) | 41 | SÉCHOIR SOLAIRE POUR LE TRAITEMENT DE LA TOURBE HORTICOLE (0230) |
| SOLAR COLLECTORS AND STORAGE FOR ANIMAL HOUSING AND GRAIN DRYING (1810) | 43 | CAPTEURS ET STOCKAGE SOLAIRES POUR LE LOGEMENT DES ANIMAUX ET LE SÉCHAGE DU GRAIN (1810) |
| EVALUATION OF SOLAR COLLECTORS FOR AGRICULTURE (1813) | 45 | ÉVALUATION DES CAPTEURS SOLAIRES POUR L'AGRICULTURE (1813) |
| PERFORMANCE OF SOLAR PANELS FOR HEATING VENTILATION AIR IN POULTRY BUILDINGS (1819) | 47 | PERFORMANCE DE PANNEAUX SOLAIRES UTILISÉS POUR CHAUFFER L'AIR DE VENTILATION DE BÂTIMENTS AVICOLES (1819) |
| SOLAR HEATING OF VENTILATING AIR FOR POULTRY FACILITIES (1904) | 49 | CHAUFFAGE SOLAIRE DE L'AIR DE VENTILATION DE BÂTIMENTS AVICOLES (1904) |
| DESIGN OF A PORTABLE SOLAR COLLECTOR FOR MULTI-FARM USE (1905) | 51 | CONCEPTION D'UN CAPTEUR SOLAIRE PORTABLE À USAGES MULTIPLES SUR UNE FERME (1905) |
| INDIRECT DRYING OF CEREAL GRAIN AND PEANUTS USING A DEHYDRATING MEDIUM WHICH IS SOLAR DRIED (1918) | 53 | SÉCHAGE INDIRECT DE CÉRÉALES ET D'ARACHIDES À L'AIDE D'UN MILIEU DÉSHYDRATANT OBTENU PAR SÉCHAGE SOLAIRE (1918) |
| ASSESSMENT OF THE FEASIBILITY OF ZEOLITE HEAT STORAGE FOR SOLAR GRAIN DRYING (SA02) | 55 | ÉVALUATION DE LA FAISABILITÉ DU STOCKAGE THERMIQUE À LA ZÉOLITE POUR LE SÉCHAGE DU GRAIN À L'ÉNERGIE SOLAIRE (SA02) |
| SOLAR ENERGY APPLICATIONS IN THE FOOD AND BEVERAGE INDUSTRY (SA04) | 57 | APPLICATIONS DE L'ÉNERGIE SOLAIRE DANS LE SECTEUR DES ALIMENTS ET DES BOISSONS (SA04) |
| SOLAR WALL AND ROOF AIR PREHEATER FOR HAY DRYING (ER29) | 59 | SÉCHAGE DU FOIN À L'AIDE D'UN MUR SOLAIRE ET D'UN PRÉCHAUFFEUR D'AIR INSTALLÉ DANS L'ENTRETOIT (ER29) |

| Energy from Biomass | Page | Énergie de biomasse |
|---|---|---|
| RAPESEED OIL AS FUEL FOR FARM DIESEL ENGINES (0100) | 61 | L'HUILE DE COLZA COMME CARBURANT DANS LES MOTEURS DIESEL A USAGE AGRICOLE (0100) |
| CANOLA OIL AS FUEL FOR FARM DIESEL ENGINES PHASE II (EL05) | 63 | L'HUILE DE COLZA CANOLA COMME CURBURANT POUR LES MOTEURS AGRICOLES AU DIESEL PHASE II (EL05) |
| FARM SCALE ANAEROBIC DIGESTER FOR METHANE FROM HOG MANURE (0752) | 65 | DIGESTEUR ANAÉROBIE EN PLEINE GRANDEUR POUR LA PRODUCTION DE MÉTHANE À PARTIR DE FUMIER DE PORCS (0752) |
| A FARM-SCALE ANAEROBIC-AEROBIC DIGESTER TO PRODUCE BIOGAS FROM AGRICULTURAL PLANTS, CROP RESIDUES AND ANIMAL WASTES (1901) | 67 | UN DIGESTEUR ANAÉROBIE-AÉROBIE EN VRAIE GRANDEUR POUR PRODUIRE DU BIOGAZ À PARTIR DE PLANTES AGRICOLES, DE RÉSIDUS DE CULTURE ET DE DÉCHETS ANIMAUX (1901) |
| DESIGN AND ASSESSMENT OF A THERMOPHILIC FARM-SCALE METHANE DIGESTER (1910) | 69 | CONCEPTION ET ÉVALUATION D'UN DIGESTEUR À MÉTHANE THERMOPHILE POUR FERME (1910) |
| PRODUCTION OF FUEL ETHANOL BY FERMENTATION (BI02) | 71 | PRODUCTION D'ÉTHANOL COMBUSTIBLE PAR FERMENTATION (BI02) |
| ASSESSMENT OF WET OXIDATION OF AGRICULTURAL RESIDUES TO FORM FERMENTATION SUBSTRATES (BI03) | 73 | ÉVALUATION D'UN PROCÉDÉ DE PRODUCTION DE SUBSTRATS FERMENTESCIBLES PAR OXYDATION HUMIDE DE RÉSIDUS VÉGÉTAUX (BI03) |
| EVALUATION OF A SINGLE STAGE CONTINUOUS AIRLIFT FERMENTER (EL10) | 75 | ÉVALUATION D'UN FERMENTEUR À CIRCULATION D'AIR ASCENDANTE POUR LA PRODUCTION CONTINUE (EL10) |
| STUDY OF A FUEL ETHANOL PLANT USING VAPOUR RECOMPRESSION DISTILLATION (EL16) | 77 | ÉTUDE D'UNE INSTALLATION UTILISANT LA DISTILLATION À RECOMPRESSION DE VAPEUR POUR LA PRODUCTION DE COMBUSTIBLE D'ÉTHANOL (EL16) |
| ASSESSMENT OF MILKWEED AS A POTENTIAL RENEWABLE ENERGY CROP (ER02) | 79 | ÉVALUATION DE LA BELLE ASCLÉPIADE COMME SOURCE D'ÉNERGIE RENOUVELABLE (ER02) |
| TESTING AND ASSESSMENT OF THE SUKUP BIOMASTER CROP RESIDUE DRYING SYSTEM (ER07) | 81 | ESSAI ET ÉVALUATION DU SYSTÈME DE SÉCHAGE DE DÉBRIS VÉGÉTAUX "SUKUP BIOMASTER" (ER07) |
| DESIGN OF SWINE MANURE DIGESTER (ER15) | 83 | CONCEPTION D'UN DIGESTEUR DE LISIER DE PORC (ER15) |
| USE OF APPLE RESIDUES FOR FUEL (ER36) | 85 | UTILISATION DES RÉSIDUS DE POMME COMME COMBUSTIBLE (ER36) |
| CONCENTRIC VORTEX CHAFF FURNACE FOR GRAIN DRYING AND SPACE HEATING (ER37) | 87 | FOUR À BALES À TOURBILLON CONCENTRIQUE POUR LE SÉCHAGE DU GRAIN ET LE CHAUFFAGE DES LOCAUX (ER37) |

| Greenhouse Energy | Page | Énergie pour serres |
|---|---|---|
| GREENHOUSE SOLAR ASSISTED HEATING WITH HYDROPONIC CULTURE AND SUPPLEMENTAL WINTER LIGHTING (0132) | 89 | SERRE AVEC CHAUFFAGE SOLAIRE D'APPOINT, CULTURE HYDROPONIQUE ET ÉCLAIRAGE SUPPLÉMENTAIRE EN HIVER (0132) |
| DESIGN STUDY OF AN ENERGY EFFICIENT GREENHOUSE COMPLEX (0550) | 91 | ÉTUDE SUR LA CONCEPTION D'UN COMPLEXE DE SERRES ÉCONOMES D'ÉNERGIE (0550) |
| EVALUATION AND COMPARISON OF THREE DIFFERENT GREENHOUSES (1815) | 93 | ÉVALUATION ET COMPARAISON DE TROIS SERRES (1815) |
| A SOLAR-ADAPTED GREENHOUSE MANUAL AND DESIGN (1821) | 95 | COTATION ET CONCEPTION DES SERRES SOLAIRES (1821) |
| MUD HEAT STORAGE FOR A SOLAR ADAPTED GREENHOUSE (1909) | 97 | STOCKAGE THERMIQUE DANS LA BOUE POUR UNE SERRE À CHAUFFAGE SOLAIRE (1909) |
| DEVELOPMENT OF AN ENERGY EFFICIENT COMMERCIAL CLASS GREENHOUSE (1925) | 99 | MISE AU POINT D'UNE SERRE COMMERCIALE À FAIBLE CONSOMMATION D'ÉNERGIE (1925) |
| UTILIZATION OF WASTE WARM WATER AS AN ENERGY SOURCE FOR GROWING WINTER VEGETABLES (CG01) | 101 | UTILISATION DES EAUX USÉES CHAUDES COMME SOURCE D'ÉNERGIE POUR LA CULTURE DE LÉGUMES D'HIVER (CG01) |
| UTILIZATION OF INDUSTRIAL WASTE WATER AS AN ENERGY SOURCE FOR GROWING WINTER VEGETABLES (PHASE III) (EC12) | 103 | L'UTILISATION D'EAU REJETÉE INDUSTRIELLE COMME UNE SOURCE D'ÉNERGIE POUR CULTIVER DES LÉGUMES EN HIVER (PHASE III) (EC12) |
| EVALUATION OF MICROPROCESSORS TO CONSERVE ENERGY BY PRECISE ENVIRONMENTAL CONTROL IN GREENHOUSES (EC05) | 105 | ÉVALUATION DE MICROPROCESSEURS POUR ÉCONOMISER L'ÉNERGIE PAR CONTRÔLE PRÉCIS DE L'AMBIANCE EN SERRE (EC05) |
| HEAT EXCHANGER TO REDUCE GREENHOUSE ENERGY COSTS AND PLANT DISEASE PROBLEMS UNDER WINTER CONDITIONS (EC28) | 107 | ÉCHANGEUR THERMIQUE POUR RÉDUIRE LE COÛT DE L'ÉNERGIE ET L'INCIDENCE DES MALADIES DE PLANTES DANS LES SERRES, EN HIVER (EC28) |
| HEMISPHERIC SOLAR GREENHOUSE (ER18) | 109 | SERRE SOLAIRE HÉMISPHÉRIQUE (ER18) |
| TECHNICAL ASSESSMENT AND MARKET SURVEY OF MICROCOMPUTER CONTROLLERS FOR GREENHOUSES (ER22) | 111 | ÉVALUATION TECHNIQUE ET ÉTUDE DU MARCHÉ DE CONTRÔLEURS DE SERRES PILOTÉS PAR MICRO-ORDINATEUR (ER22) |
| SOLAR ENERGY CAPTURE IN SHED AND CONVENTIONAL GREENHOUSES (0101) | 113 | CAPTAGE D'ÉNERGIE SOLAIRE DANS DES SERRES À TOIT EN APPENTIS ET CLASSIQUES (0101) |
| PERFORMANCE OF SOLAR AND SOIL THERMAL STORAGE GREENHOUSE SYSTEMS (ER04) | 115 | RENDEMENT DE SERRES SOLAIRES ET DE SYSTÈMES DE STOCKAGE THERMIQUE EN TERRE (ER04) |
| CONTINUED STUDY OF SOLAR AND SOIL THERMAL STORAGE GREENHOUSE SYSTEMS PERFORMANCE (ER32) | 117 | SUITE DE L'ÉTUDE SUR LE RENDEMENT DE SERRES SOLAIRES ET DE SYSTEMES DE STOCKAGE THERMIQUE EN TERRE (ER32) |

| | Page | |
|---|---|---|
| SUPPLEMENTAL HEAT FROM COMPOST FOR A SOLAR GREENHOUSE (SG01) | 119 | CHALEUR D'APPOINT D'UN COMPOST POUR UNE SERRE SOLAIRE (SG01) |
| MONITORING A COMMERCIAL GREENHOUSE FITTED WITH SOLAR COLLECTOR AND HEAT EXCHANGER (SG03) | 121 | CONTRÔLE D'UNE SERRE COMMERCIAL ÉQUIPÉE D'UN CAPTEUR SOLAIRE ET D'UN ÉCHANGEUR DE CHALEUR (SG03) |
| SOLAR GREENHOUSE FOR COMMERCIAL AGRICULTURAL PRODUCTION IN CANADIAN CLIMATIC CONDITIONS - PHASE II (SG05) | 123 | SERRE SOLAIRE POUR LA PRODUCTION AGRICOLE COMMERCIALE DANS LES CONDITIONS CLIMATIQUES CANADIENNES - PHASE II (SG05) |
| FEASIBILITY ASSESSMENT OF GROWING GREENHOUSE FOOD CROPS USING WASTE HEAT FROM EXISTING BUILDINGS (SG02) | 125 | ÉTUDE DE FAISABILITÉ SUR LA PRODUCTION DE CULTURE VIVRIÈRES EN SERRE À L'AIDE DE CHALEUR RÉSIDUELLE PROVENANT DE BÂTIMENTS EXISTANTS (SG02) |
| REFERENCES | 126 | RÉFÉRENCES |


Contribution No. I-944 from Engineering and Statistical Research Centre, Research Branch, Agriculture Canada, Ottawa, Ontario K1A 0C6.

Exposé no. I-944 du Centre de recherche technique et statistique, Direction général de la recherche, Agriculture Canada, Ottawa (Ontario), K1A 0C6.

## INTRODUCTION

Supplementary to on-going in-house research, the Research Branch of Agriculture Canada contracted out research to non federal government agencies or individuals. The contract reports summarized on the following pages result from one of these contracting-out programs, the Energy Research and Development in Agriculture and Food (ERDAF) Program.

Funding for the projects summarized here was provided by Agriculture Canada, and also by Energy, Mines and Resources, and National Research Council, according to the directions of an Interdepartmental Energy R & D Panel. In some cases, Supply and Services Canada provided bridge funding.

The purpose of this report is to provide a brief summary of each energy contract completed during the fiscal years 1980-83. The work was done under 62 contracts costing a total of $4.19 million. Contractors included 13 primary industry, 25 consluting firms, 19 universities and 5 other agencies, in 9 provinces. Previous reports summarized earlier contracts: Report I-233 for 1974-79; Report I-454 for 1979-80; and Report I-743 for 1980-83. In each summary, establishment names and locations of individuals are shown as they existed when the contract was underway.

The purpose of the summaries is to briefly describe the findings of each project completed. Complete contractors' reports may be obtained from the National Research Council, Canada Institute for Scientific and Technical Information (CISTI), Ottawa, Ont. K1A 0S2 (telephone 613-993-1585) and from Agriculture Canada, Libraries Division, Ottawa, Ont. K1A 0C5 (telephone 613-995-7829). Include the title and file number shown in the summary when requesting contractor's reports. Note that the complete reports are available only in the language (English or French) used by the particular contractor. In this report, the language of the identifying information at the top of the first page, for each summary, is the same as that of the respective complete report. Also, other papers sometimes published on some of these projects are available in the scientific literature.

## INTRODUCTION

En plus de confier des travaux de recherche à son propre personnel, la Direction générale de la recherche d'Agriculture Canada a exécuté de recherches en octroyant des contrats à des particuliers ou des organismes extérieurs aux services fédéraux. Le résumé des rapports de recherches contractuelles que l'on trouve dans le présent bulletin émane d'un tel programme, le Programme de recherche et de développement énergétique dans l'agro-alimentaire (RDEAA).

Le financement des projets est assuré par Agriculture Canada, ainsi que par le ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources et le Conseil national de recherches du Canada, dans le cadre des grands programmes de R & D de l'État. Dans certains cas, Approvisionnements et Services Canada a donné les fonds supplémentaires.

Les résumés ont trait aux contrats de l'énergie dont l'exécution prenait fin au cours des exercices financiers 1980-83. Les recherches viennent de 62 contrats coûtant 4,19 $ million en tout. Les entrepreneurs comprenaient 13 industries primaires, 25 firmes de consultants, 19 universitaire, et 5 autres organismes, dans 9 provinces. Voici les numéros des bulletins se rapportant aux contrats des années précédentes: Rapport I-233 pour 1974-79; Rapport I-454 pour 1979-80; et Rapport I-743 pour 1980-83. Dans chaque résumé, les noms d'établissement et les adresses sont ceux utilisés au cours de l'exécution du contrat.

Les résumés visent à donner une courte description des résultats des travaux de chaque projet complété. Les rapports intégraux des adjudicataires sont disponibles à l'Institut canadien de l'information scientifique et technique (ICIST), Conseil national de recherches, Ottawa (Ontario) K1A 0S2 (téléphone 613-993-1585) et Agriculture Canada, Division des bibliothèques, Ottawa (Ontario) K1A 0C5 (téléphone 613-995-7829). Veuillez inscrire sur toute demande d'envoi de rapports des adjudicataires le titre et le numéro du projet indiqués dans le résumé. Il est à noter que les rapports intégraux ne sont disponibles que dans la langue (en anglais ou en français) utilisée par l'entrepreneur. Dans le présent rapport, la langue des données d'identification se trouvant en haut de la première page de chaque résumé est la même que celle du rapport intégral. Quelques autres documents parfois publiés sur les projets sont disponibles au sein de la littérature scientifique.

Contract reports are entirely the work of the contractor; however, the interpretation of these reports for the summaries in this publication are the responsibility of the scientific authorities, and the Engineering and Statistical Research Centre (formerly Engineering and Statistical Research Institute).

Les rapports sur les travaux exécutés sous contrat sont l'entière responsabilité de l'entrepreneur, mais leur interprétation pour la rédaction des résumés relève des délégués scientifiques du Ministère et du Centre de recherche technique et statistique (anciennement l'Institut de recherche technique et statistique).

Considerable engineering research and development was accomplished under ERDAF, and a second program (AERD). Previous summary reports and other reviews of the work done are listed in the references section page 126.

Des travaux de recherche et de développement notables ont étés accomplis dans le cadre du programme RDEAA et d'un deuxième programme (RDGR). Une liste des résumés précédents et de diverses études portant sur le travail effectué se trouve à la section des références, page 126.

---

Program Advisory Committee Chairman/Président du comité consultatif du programme: P.W. Voisey
Summaries Editor/Rédacteur des résumés: M. Feldman

| | | |
|---|---|---|
| Contractor- | Univ. of Saskatchewan, Saskatoon, Sask. | -Entrepreneur |
| Project Leader- | E.B. Moysey, Agricultural Engineering Department | -Responsable du projet |
| Sci. Authority- | H.R. Davidson, Swift Current Research Station | -Expert scientifique |
| Project File No.- | 01843-9-1927 | -Numéro du projet |
| Serial No.- | 0SZ79-00134 | -Numéro de série |
| Contract Cost- | $30,000 | -Coût du contrat |

## HEAT RECOVERY EQUIPMENT FOR USE IN LIVESTOCK VENTILATION

### OBJECTIVES

To review the design and operation, and evaluate the performance of two heat exchangers for ventilating livestock shelters. Measure parameters to optimize a design and develop a prototype.

### SUMMARY

The report observed that up to 90% of the heat lost from livestock buildings is in the exhausted ventilating air. If 40% of this heat was salvaged there would be little or no need for supplemental heat. Many types of conventional heat exchangers are unsatisfactory due to accumulation of frost and dust. Experiments were carried out with a constructed rock bed unit, a commercial "Temp-x-Changer," and two laboratory set-ups representing a direct (fluid) contact principle.

The rock bed experiments were conducted in adjacent rooms, controlled at different temperatures and relative humidities. A bed of rocks 300 mm square was housed in an insulated plywood box and two fans were used to alternately blow warm and cold air through the bed.

A model A28 Temp-x-Changer was installed in a farmer's barn and connected in the counterflow mode, as recommended by the manufacturer. To help alleviate frost accumulation, fresh air was drawn from the barn attic, where it was known to be a few degrees warmer than outdoors. A two-speed motor was used on the fresh air fan, so that air flow could be reduced in extreme weather.

Air washers and cooling towers are examples of direct contact between liquid and air, where frost and dirt might be handled more easily. If the liquid used was not miscible with water, it should be possible to separate and dispose of condensed water. Similarly, dust in the air

## MATÉRIEL DE RÉCUPÉRATION DE CHALEUR POUR LA VENTILATION DU BÉTAIL

### OBJECTIFS

Analyser la conception et l'exploitation et évaluer le rendement de deux échangeurs thermiques pour la ventilation des abris à bestiaux. Mesurer des paramètres afin d'optimiser la conception et de développer un prototype.

### RÉSUMÉ

Le rapport souligne que la chaleur contenue dans l'air évacué constitue jusqu'à 90% des pertes thermiques des bâtiments à bétail. La récupération de 40% de cette chaleur éliminerait ou presque la nécessité d'un chauffage d'appoint. Un grand nombre d'échangeurs thermiques traditionnels sont insatisfaisant en raison de l'accumulation de givre et de poussière. Des expériences ont été faites à l'aide d'un lit de pierres, d'un échangeur commercial "Temp-x-Changer" et de deux appareillages de laboratoire utilisant le principe du contact direct (des fluides).

Les expériences avec un lit de pierres ont été effectuées dans des salles contigues maintenues dans des conditions différentes de température et d'humidité relative. Un lit de pierres de 300 mm de côté était placé dans un boîtier en contreplaqué isolé et deux ventilateurs étaient utilisés pour souffler alternativement de l'air chaud et de l'air froid à travers le lit.

Un échangeur Temp-x-Changer modèle A28 a été installé dans une étable et utilisé à contre-courant selon les recommandations du fabricant. Pour éviter l'accumulation de givre, de l'air frais était prélevé du comble de l'étable, où l'on savait que la température était de quelques degrés supérieure à la température extérieure. Le ventilateur à air frais était équipé d'un moteur à deux vitesses afin qu'on puisse réduire le débit lorsque les températures étaient extrêmes.

Les laveurs d'air et les tours de refroidissement sont des exemples d'appareils à contact direct entre le liquide et l'air, qui facilitent l'élimination des accumulations de givre et de poussière. Si le liquide utilisé n'était pas miscible dans l'eau, il serait possible d'isoler et d'éliminer l'eau de condensation.

would be washed down into the sump. Two series of laboratory experiments were conducted, one with a short packed tower and the other with a spray chamber sold commercially as a cooling tower. Readily available Stoddard solvent was used for the liquid.

De la même façon, la poussière dans l'air serait évacuée par le puisard. Deux séries d'expériences en laboratoire ont été effectuées: l'une avec une courte tour à garnissage et l'autre avec une chambre de pulvérisation vendue commercialement sous le nom de tour de refroidissement. Le liquide utilisé était le solvant Stoddar, qu'on peut se procurer facilement.

Conclusions from the tests were:

1. Direct air-liquid contact is a very effective way of obtaining maximum heat transfer in minimum space. However, serious carry-over of liquid is likely, extra expense is required to circulate the liquid and there are problems in disposing of condensed water and dirt.

Les conclusions des essais sont les suivantes:

1. Le contact direct air-liquide constitue un moyen très efficace pour obtenir un transfert thermique optimal dans un minimum d'espace. Toutefois, un transport important de liquide est susceptible de se produire; des dépenses supplémentaires sont encourues pour faire circuler le liquide et l'évacuation de l'eau de condensation et des poussières pose des problèmes.

2. When air-metal-air heat exchangers are operated in counterflow, frost and ice accumulate. Parallel flow of the two airstreams reduces the effectiveness drastically but at least makes operation of the units practical. Regular defrost cycles will be required in extreme winter weather. Even with reduced effectiveness, substantial heat can be recovered.

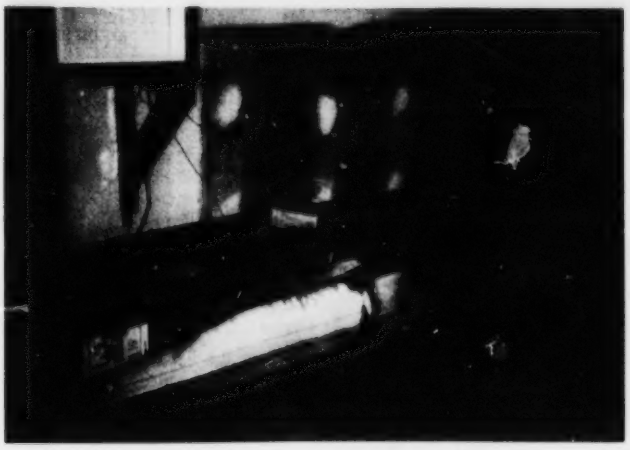
2. Lorsque des échangeurs thermiques air-métal-air sont à écoulement à contre-courant, le givre et la glace s'y accumulent. L'écoulement parallèle des deux flux d'air réduit radicalement le rendement mais il rend au moins les appareils plus pratiques. Des cycles de dégivrage réguliers seront nécessaires dans les conditions atmosphériques extrêmes pendant l'hiver. Malgré ce rendement réduit, un quantité substantielle de chaleur peut être récupérée.

3. The regenerative type heat exchanger shows the most promise for farm applications, because of its simplicity of construction and operation. There is room for considerable improvement over the simple rock bed approach; materials which will change phase with change in temperature could result in much smaller mass, and other arrangements of heat storage material might simplify the equipment.

3. L'échangeur thermique du type à régénération semble le plus prometteur pour les exploitations agricoles en raison de sa simplicité de construction et de fonctionnement. Il y a place pour beaucoup d'amélioration par rapport au concept du lit de pierres. Des matériaux changeant de phase avec les changements de température permettraient de réduire la masse et d'autres configurations de stockage thermique permettraient de simplifier le matériel.

The work was continued under a follow-up contract (EC13) described on the next page.

Les travaux se sont poursuivis en vertu d'un nouveau contrat (EC13) décrit à la page suivente.



Air-metal-air heat exchanger in use.
Echangeur thermique air-métal-air en service.

| | | |
|---|---|---|
| Contractor- | Univ. of Saskatchewan, Saskatoon, Sask. | -Entrepreneur |
| Project Leader- | W.P. Lampman, Agricultural Engineering Department | -Responsable du projet |
| Sci. Authority- | H.R. Davidson/W. Nicholaichuk, Swift Current Research Station | -Expert scientifique |
| Project File No.- | 01843-1-EC13 | -Numéro du projet |
| Serial No.- | OSU81-00281 | -Numéro de série |
| Contract Cost- | $39,000 | -Coût du contrat |

## HEAT RECOVERY EQUIPMENT FOR USE IN LIVESTOCK BUILDINGS

### OBJECTIVES

To continue (from contract 9-1927, previous page) functional evaluation of a regenerative type heat exchanger under different conditions, including replacement of the rock-bed heat sink with containers of eutectic salts. To evaluate a commercial heat exchanger in a swine barn.

### SUMMARY

Laboratory tests were made on the rock bed heat exchanger using the two-compartment, controlled-environment room described earlier., Variables investigated included bed composition cycle time and air flow rates. Bed depth was 300 mm, cold room temperature -30°C, and warm room at +15°C and 70% relative humidity.

A design equation to predict the effectiveness of a rock bed heat sink periodic flow heat exchanger was evaluated, and predicted the exchanger effectiveness within the limits of the experimental data. Effectiveness values of 0.6 to 0.7 were obtained with a rock matrix with air heat capacity ratio of 1.5.

A prototype rock bed exchanger was then installed in a 250-head swine finishing barn and operated under winter conditions. With temperatures ranging below -25°C, the depth of the rock bed should be limited to 300 mm and the ratio of supply to exhaust air should be maintained at 0.65 to 0.7, to avoid freezing. With ambient temperatures below -30°C, a defrost cycle was necessary where only exhaust air was cycled through the rock beds. Heat recovery rates of 5 to 15 kW/m$^2$ of face area for a 300 mm deep rock bed were practical with ambient temperatures ranging from 0 to -30°C.

## MATÉRIEL DE RÉCUPÉRATION DE CHALEUR DESSERVANT DES BÂTIMENTS À BÉTAIL

### OBJECTIFS

Poursuivre l'évaluation fonctionnelle (commencée en vertu du contrat 9-1927, page précédente) d'un échangeur thermique du type à régénération dans différentes conditions, y compris le remplacement du lit de pierres par des récipients contenant des sels eutectiques comme milieu de stockage. Évaluer un échangeur thermique commercial dans une porcherie.

### RÉSUMÉ

Des essais de l'échangeur thermique à lit de pierres ont été effectués dans la chambre à deux compartiments et à environnement contrôlé décrite précédemment. Les variables étudiées comprenaient la composition du lit, la durée du cycle et les débits d'air. L'épaisseur du lit était de 300 mm, le compartiment froid était à -30°C et le compartiment chaud à +15°C et à une humidité relative de 70%.

Une équation de calcul permettant de prédire le rendement d'un échangeur thermique à lit de pierres et à écoulement périodique a été évaluée et a prédit le rendement dans les limites des données expérimentales. Des valeurs de rendement variant entre 0.6 et 0.7 ont été obtenues avec le lit de pierres et avec un rapport de capacité thermique de l'air de 1.5.

Un prototype d'échangeur à lit de pierres a ensuite été installé dans une porcherie d'engraissement pour 250 porcs et a été utilisé dans des conditions d'hiver. Lorsque les températures sont inférieures à -25°C, l'épaisseur du lit de pierres devrait être limitée à 300 mm et le rapport de l'air admis à l'air extrait devrait être maintenu entre 0.65 et 0.7 pour éviter le gel. A des températures inférieures à -30°C, un cycle de dégivrage était nécessaire lorsque seul l'air extrait circulait dans les lits de pierres. Des taux de récupération de chaleur variant entre 5 et 15 kW/m$^2$ de surface étaient réalisables avec un lit de pierres à 300 mm d'épaisseur lorsque les températures ambiantes se situaient entre 0 et -30°C.

A series of tests were carried out to compare the heat recovery rate and effectiveness of a bed with a composite matrix composed of alternating layers of rocks and bottles filled with 25% antifreeze solution, water-filled bottles, and bottles filled with a 90% solution of acetic acid. The total bed depth was 318 mm. It was anticipated that some of the liquid filled containers would pass through a phase change and improve heat recovery. There was no significant improvement in either the heat recovered or the effectiveness. Because of this and the problem of handling high concentrations of acetic acid, the concept was abandoned.

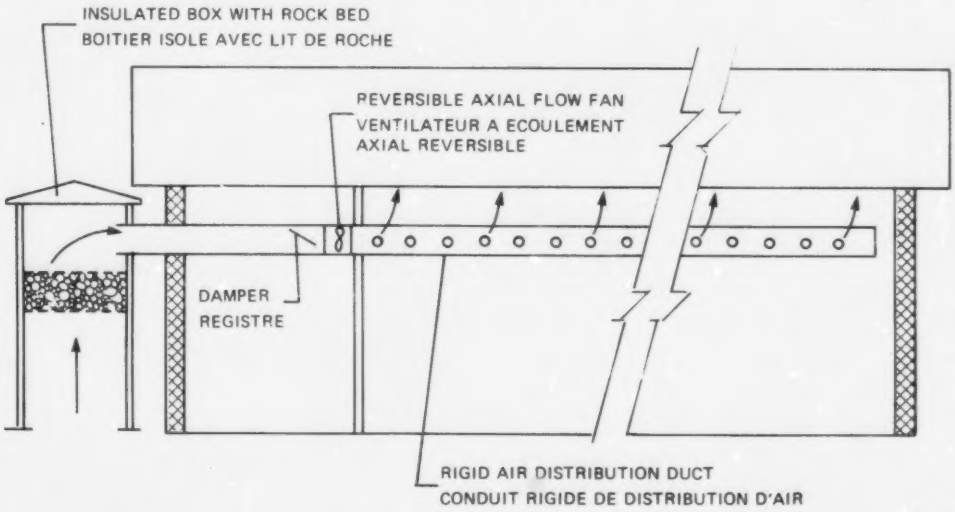
Une série d'essais ont été effectués afin de comparer le taux de récupération de chaleur et le rendement d'un lit composite constitué de couches successives de pierres et de bouteilles emplies de solution antigel à 25%, de bouteilles remplies d'eau et de bouteilles emplies d'une solution d'acide acétique à 90%. L'épaisseur globale du lit était de 318 mm. On prévoyait que le liquide contenu dans certaines bouteilles changerait de phase, ce qui améliorerait la récupération de chaleur. Il n'y a pas eu d'amélioration importante ni de la récupération de chaleur ni du rendement; c'est pour cette raison et à cause du problème que posait la manipulation d'acide acétique à forte concentration que ce concept a été abandonné.

The A28 Temp-x-Changer (from the previous work) was also installed in the 250-head feeder barn. Tests were made in both the counter flow and parallel flow modes, during the 1980-81 and 1981-82 winters. The counter flow mode was not successful. Freezing and blockage of the exhaust passages with ice was a continual problem. In the parallel flow mode the unit could be made to operate, however with temperatures much below -15°C, a one-hour defrost cycle for each 5 hours of operation was necessary to control freezing.

L'échangeur Temp-x-Changer modèle A28 (utilisé pour des travaux antérieurs) a également été installé dans la porcherie d'engraissement pour 250 têtes. Des essais ont été effectués à contre-courant et en écoulement parallèle au cours des hivers 1980-1981 et 1981-1982. Le fonctionnement à contre-courant a mené à un échec. Le gel et l'obstruction des passages d'évacuation par la glace ont posé des problèmes constants. En mode d'écoulement parallèle, l'appareil pouvait fonctionner mais lorsque les températures étaient bien inférieures à -15°C, il fallait un cycle de dégrivrage d'une heure après 5 heures de fonctionnement pour éviter le gel.

Dust was a continual problem. The coarse air filters required daily service to minimize the pressure loss across the filters, and dust passing through the filter adhered to the heat exchanger plates, reducing their effectiveness.

La poussière constituait un problème constant. Les filtres à air grossiers devaient être nettoyés quotidiennement afin de réduire au minimum la perte de pression de l'air les traversant et la poussière non captée par les filtres adhérait aux plaques de l'échangeur, réduisant leur efficacité.




Schematic of the rock bed heat exchanger in a swine finishing barn.
Schéma de l'échangeur thermique à lit de pierres dans une porcherie d'engraissement.

| | | |
|---|---|---|
| Contractor- | Industrial Research & Development Ltd., Winnipeg, Man. | -Entrepreneur |
| Project Leader- | E.A. Speers, President | -Responsable du projet |
| Sci. Authority- | D.W. Campbell, Swift Current Research Station | -Expert scientifique |
| Project File No.- | 01916-2-EC27 | -Numéro du projet |
| Serial No.- | OSF82-00037 | -Numéro de série |
| Contract Cost- | $24,900 | -Coût du contrat |

## DEVELOPMENT OF A SIMPLE LOW-COST DIRECT-READING HUMIDITY DETECTOR

### OBJECTIVES

To develop a humidity detection principle using porous titania glass, through preparation of test material, determination of fundamental properties, evaluation of potential performance under actual installation conditions, and describing a possible production detector intended as an improvement over existing detectors for agricultural applications.

### SUMMARY

Development work was done on a simple low-cost direct-reading humidity detector using porous titania glass as the detector substrate. The detectors were prepared in the laboratory by pouring a jelly-like mixture of chemicals onto a thin wax layer in a petrie dish. As this mixture dried over a period of several days, it shrank and formed a disc about the size of a quarter and assumed the texture of an opaque glass. This titania glass had a large number of microscopic pores throughout its structure resulting in a surface area of about 200 $m^2/g$ of material. This sponge-like structure readily absorbed water vapours, thereby changing its electrical conductivity. The pore size could be altered by annealing the glass.

The test samples were prepared by breaking the disc into small slivers and coating their ends with a gold chloride solution. This provided a simple yet reliable electrical contact. The samples were subjected to a controlled environment atmosphere and the resulting electrical resistance was measured. The electrical resistance decreased with increasing humidity and varied from about 1 kilohm to greater than 400 megohms. This showed that the detectors were very moisture sensitive.

## MISE AU POINT D'UN DÉTECTEUR D'HUMIDITÉ À LECTURE DIRECTE, SIMPLE ET BON MARCHÉ

### OBJECTIFS

Mettre au point un principe de détection de l'humidité utilisant du verre de dioxyde de titane poreux, en préparant le matériau d'essai, en déterminant les propriétés fondamentales, en évaluant le rendement potentiel dans les conditions actuelles d'installation et en décrivant un possible détecteur de production, qui devrait, dans ses applications agricoles, représenter une amélioration par rapport aux détecteurs existants.

### RÉSUMÉ

Le travail de mise au point a été effectué sur un détecteur d'humidité à lecture directe, simple et peu coûteux, en utilisant le verre de dioxyde de titane poreux comme substrat dans le détecteur. Les détecteurs étaient préparés en laboratoire en versant un mélange de produits chimiques, d'une consistance gélatineuse, sur une fine couche de cire dans une boîte de Pétri. En séchant pendant plusieurs jours, ce mélange a rétréci, formé un disque à peu près de la taille d'une pièce de vingt-cinq cents, et pris la texture d'un verre opaque. La structure de ce verre de dioxyde de titane comportait de nombreux pores microscopiques, ce qui donnait une surface d'environ 200 $m^2/g$ de matériau. Cette structure spongieuse absorbait facilement les vapeurs d'eau, changeant ainsi sa conductivité électrique. La dimension des pores pouvait être changée en recuisant le verre.

Les échantillons d'essai étaient préparés en cassant le disque en petites écailles et en enduisant l'extrémité de celles-ci d'une solution de chlorure d'or. Ceci a fourni un contact électrique simple mais fiable. Les échantillons ont été soumis aux effets d'un environnement contrôlé et la résistance électrique qui en a résulté a été mesurée. La résistance électrique diminuait lorsqu'augmentait l'humidité et elle variait d'environ 1 kilohm à plus de 400 mégohms. Ceci a montré que les détecteurs étaient sensibles à l'humidité.

Unfortunately, it was discovered that the resistance of the glass was not a simple function of the relative humidity. It appeared to be related to the absolute humidity or the vapour pressure of water, thereby requiring temperature compensation. A number of other potential problems were addressed although not studied in detail. None appeared to be insurmountable, however the dynamic response of the detector will probably be limited. This is because time is required for the water to permeate the microscopic pores in the glass. Although this concept is promising, further fundamental research needs to be done before a commercial humidity detector can be developed. Further funding to continue such work was not included in the program priorities.

Malheureusement, il a été découvert que la résistance du verre n'était pas une simple fonction de l'humidité relative. Elle semblait être reliée à l'humidité absolue ou à la tension de vapeur de l'eau, exigeant par conséquent une compensation en température. Un certain nombre d'autres problèmes potentiels ont été pris en considération mais ils n'ont pas été étudiés en détail. Aucun de ces problèmes n'a semblé insurmontable, mais la résonance dynamique du détecteur sera sans doute limitée parce que l'eau prend du temps pour imbiber les pores microscopiques du verre. Bien que ce concept soit prometteur, une recherche fondamentale plus poussée doit être faite avant qu'un détecteur d'humidité commercial ne puisse être développé. Les priorités du programme n'incluaient pas le financement supplémentaire requis pour un tel travail.

Formation of the titania glass.
Formation du verre de dioxyde de titane.

| | | |
|---|---|---|
| Contractor- | Chorley & Bisset Ltd., London, Ontario | -Entrepreneur |
| Project Leader- | P.J. Golem, P. Eng. | -Responsable du projet |
| Sci. Authority- | M.P. Levesque, Eng. & Stat. Res. Inst. | -Expert scientifique |
| Project File No.- | 01916-3-EC40 | -Numéro du projet |
| Serial No.- | 03Z83-00067 | -Numéro de série |
| Contract Cost- | $27,600 | -Coût du contrat |

## INNOVATIVE TECHNIQUES TO REDUCE SUPPLEMENTAL HEAT IN LIVESTOCK AND POULTRY BUILDINGS

## TECHNIQUES INNOVATRICES POUR RÉDUIRE LA CHALEUR COMPLÉMENTAIRE DANS LES ÉDIFICES ABRITANT LE BÉTAIL ET LA VOLAILLE

### OBJECTIVES

To carry out a feasibility study on reducing through treatment the amount of airborne particles and odour-causing agents inside livestock and poultry barns, in order to reduce the amount of ventilation required, in turn reducing energy for supplemental heat. The study phases to include a comprehensive literature review, contact with equipment and chemicals manufacturers, analysis of field collected samples if needed, and evaluation of existing equipment.

### OBJECTIFS

Effectuer une étude de faisabilité sur la réduction, par traitement, de la quantité de particules en suspension dans l'air et des facteurs causant des mauvaises odeurs dans les étables et poulaillers, afin de réduire la quantité de ventilation requise et ainsi réduire l'énergie nécessaire à la production de chaleur complémentaire. L'étude comporte diverses phases, telles que l'examen approfondi des publications, la prise de contact avec les fabricants de produits chimiques et d'équipements, l'analyse d'échantillons pris sur le terrain lorsque elle est requise, et l'évaluation du matériel existant.


### SUMMARY

A literature review was carried out, and summarizes the various factors demanding ventilation. Water vapour, manure gases and dust all must be controlled within the confinement unit. The standard method of control has been by dilution using ventilation air. Other methods which have been investigated include dehumidifying systems, application of chemicals to suppress release of manure gases, and management/operating practices which can affect indoor air quality.

A detailed discussion was prepared on the state of the art and the factors influencing efforts to reduce supplemental heating. There are technical barriers such as a lack of good fan performance data, and lack of reliable, low-rate fans for small rooms where continuous ventilation is necessary. The significance of ventilation air distribution, a function of the air inlet system, is too often overlooked. To a great extent, the nature and magnitude of indoor air quality problem is poorly understood. Some recent Alberta research is



### RÉSUMÉ

L'examen des publications a été effectué et on a établi un sommaire des divers facteurs exigeant la ventilation. La vapeur d'eau, les gaz émanant du fumier et la poussière doivent tous être contrôlés à l'intérieur de l'installation en claustration. La méthode courante de contrôle utilisée était la dilution par aération. D'autres techniques examinées étaient: des systèmes de déshumidification, l'application de produits chimiques pour supprimer l'émanation des gaz de fumier, et des formes de fonctionnement et de gestion susceptibles d'influencer la qualité de l'air à l'intérieur.

On a préparé une discussion détaillée sur l'état actuel de la technique et les facteurs influençant les efforts de réduction de la chaleur complémentaire. Il y a des obstacles techniques tels le manque de bonnes données sur le rendement des ventilateurs et le manque de ventilateurs fiables, de faible régime, pour les petites salles où la ventilation est nécessaire. L'importance de la distribution de l'aération, qui est une fonction du système de prises d'air, est souvent négligée. Dans une large mesure, la nature et l'ampleur du problème de la qualité de l'air dans les espaces clos sont mal connues. En Alberta, une

providing valuable detailed data on contaminent levels and production rates. However, there is little information available on the interaction of variable such as temperature, humidity, feeding methods and management practices.

A number of areas for future action are identified. One involves dust control by timed misting to both precipitate airborne dust and suppress dust generation by dampening the surface of the litter. Another proposed strategy is night temperature setback. Some literature suggests that lower night temperature may, in fact, be preferred by some animals. Additional recommendations are made regarding contaminent loads in confinement units, for development of a reliable humidistat and for effective transfer of information to owners and operators.

recherche récente fournit de précieuses données détaillées sur les niveaux de contamination et les taux de production. Cependant, il y a peu d'information disponible sur l'interaction de variables telles la température, l'humidité, les méthodes fourragères et les techniques de gestion.

Certains domaines ont été identifiés pour une action ultérieure. L'un d'eux inclut le contrôle des poussières par vaporisation périodique pour à la fois précipiter les poussières suspendues dans l'air et empêcher la génération de poussière en mouillant la surface des litières. Une autre stratégie proposée: abaisser la température pendant la nuit. Quelques publications suggèrent qu'une température nocturne plus basse pourrait, en fait, être préférée par certains animaux. D'autres recommandations sont faites en ce qui concerne les taux de contamination dans les installations en claustration, pour le développement d'un hygrostat fiable et pour le transfert de l'information aux propriétaires et exploitants.

| | | |
|---|---|---|
| Contractor- | McMaster University, Hamilton, Ont. | -Entrepreneur |
| Project Leader- | A. Oaks, Dept. of Biology | -Responsable du projet |
| Sci. Authority- | F.D.H. Macdowall, Chemistry & Biology Res. Inst. | -Expert scientifique |
| Project File No.- | 01916-3-EC&1 | -Numéro du projet |
| Serial No.- | OSTB3-00181 | -Numéro de série |
| Contract Cost- | $29,700 | -Coût du contrat |

## INFLUENCE OF LEGUME-SOIL AND MICROORGANISMS ON EFFICIENCY OF NITROGEN ASSIMILATION BY CORN PLANTS

### OBJECTIVES

To identify the chemicals and microorganisms in legume soils that act as vectors in the enhancement of the efficiency of nitrogen assimilation in corn crops, in order to eventually reduce the need for nitrogen fertilizer, by developing the use of growth response of seedlings and nitrogen-constituents in plant sap as measures to identify and compare components in alfalfa and corn soils affecting nitrogen uptake activities.

### SUMMARY

Supplementary lighting (high pressure sodium lamps) was installed in a greenhouse for plant growth tests, and a spectrophotometer was purchased for enzymatic measurements, and experiments carried out.

In the development of the growth test, the stimulation of corn growth by diluted soil from alfalfa plots was found to depend also on high light intensity and temperature. An effective procedure for the separation of amino acids and amides by HPLC was applied to sap that is exuded into shoots from roots in corn as an assay for changes in root nitrogen metabolism. The amide glutamine was found to predominate, proline-rich peptides were present, and additional attention was given to determine peptide composition. Inoculation of the corn with the often associated, $N_2$-fixing bacteria of Azospirillum sp., stimulated exudation but did not influence sap composition in preliminary tests. Other species of bacteria, with some $N_2$-fixers, were separated from the rhizosphere of corn plants for later identification.

## INFLUENCE DU SOL À LÉGUMINEUSES ET DES MICROORGANISMES SUR L'EFFICACITÉ DE L'ASSIMILATION DE L'AZOTE PAR LES PLANTES DE MAÏS

### OBJECTIFS

Identifier les produits chimiques et microorganismes qui, dans les sols à légumineuses, agissent comme vecteurs dans l'augmentation de l'efficacité de l'assimilation de l'azote par les cultures de maïs, afin de réduire éventuellement le besoin en engrais azotés, en développant l'utilisation du taux de croissance des semis et des constituants azotés dans la sève des plantes comme mesures pour identifier et comparer les composants qui, dans les sols à luzerne et à maïs, affectent les activités de captage d'azote.

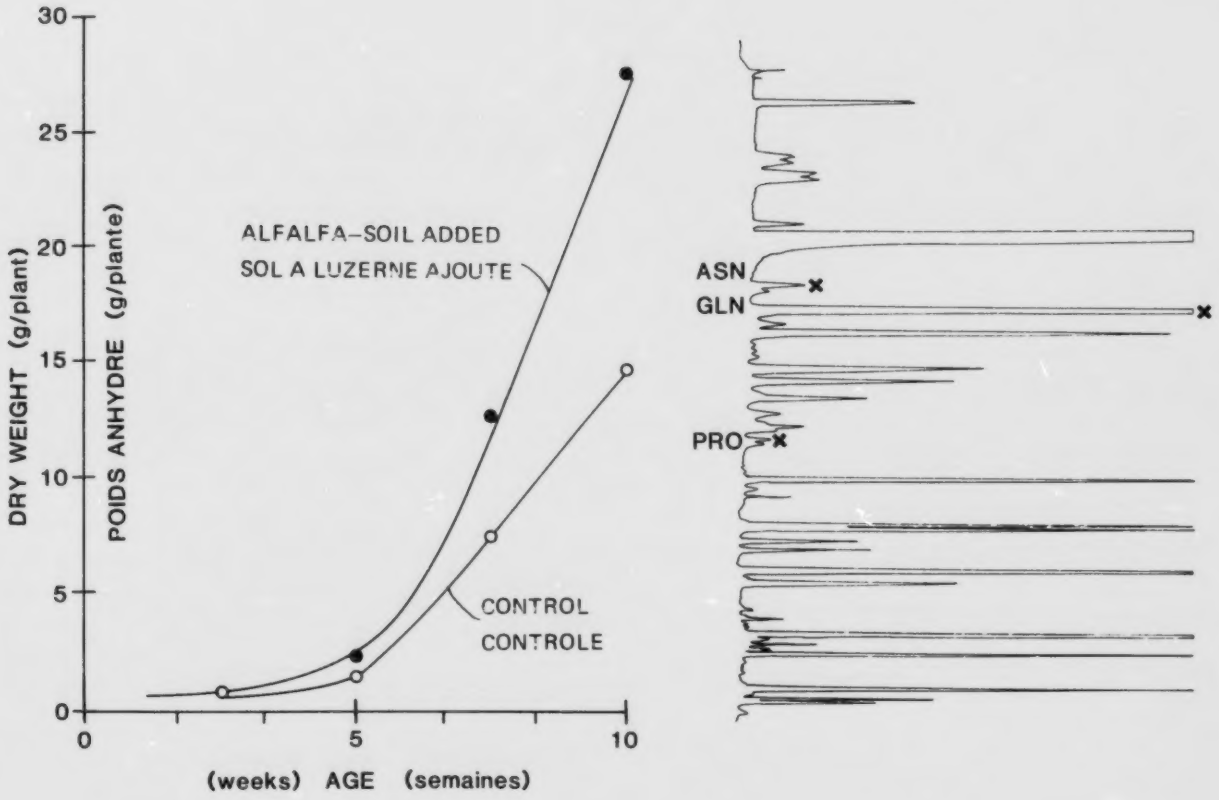
### RÉSUMÉ

Un éclairage supplémentaire (lampe au sodium à haute pression) a été installé dans une serre pour des analyses de la croissance des plantes, un sprectrophotomètre a été acheté, pour les mesures enzymatiques, et on a effectué les expériences.

Pendant la mise au point de l'essai de croissance, on a observé que la stimulation de la croissance du maïs par du sol dilué pris dans des parcelles plantées de luzerne était aussi une fonction de la température élevée et de l'intensité lumineuse. Une procédure efficace de séparation des amides et acides aminés par HPLC a été appliquée à la sève qui suinte des racines dans les pousses de maïs, pour tester les changements dans le métabolisme azotique des racines. On a observé que la glutamine amide était prédominante et que des peptides riches en proline étaient présents, puis on a porté une plus grande attention à la détermination de la composition des peptides. Pendant les essais préliminaires, en inoculant le maïs avec la bactérie fixatrice d'azote Azospirillum sp., qui lui est souvent associée, on a stimulé l'exsudation sans influencer la composition de la sève. D'autres espèces de bactéries, dont certaines fixatrices d'azote, ont été séparées de la rhizosphère des plantes de maïs pour identification ultérieures.

Because this was only a preliminary study in a long-term, fundamental research area and since no funds were available in the program to continue the project, no final report is available for loan or microfiche.

Comme il ne s'agissait que d'une étude préliminaire, dans un domaine de recherche fondamentale à long terme, et comme il n'y avait pas de fonds disponibles dans le programme pour poursuivre le projet, il n'existe pas de rapport final qui puisse être emprunté, ou mis sur microfiches.




Corn growth in standard pastuerized greenhouse soil with and without an inoculum (1 part in 40) of alfalfa-soil (left). HPLC identification of constituents of corn shoot sap (ASN - Asparagine; GLN - Glutamine; PRO - Proline) (right).

Croissance du maïs dans un sol standard pasteurisé de serre, avec et sans un inoculum (1 part pour 40) de sol à luzerne (gauche). Identification, par chromatographie en phase liquide moderne (HPLC), des constituants de la sève de pousse de maïs (ASN - Asparagine; GLN - Glutamine; PRO - Proline) (droite).

| | | |
|---|---|---|
| Contractor- | F. Bernard Inc., St-Hyacinthe (Québec) | -Entrepreneur |
| Project Leader- | P. Benoit, ing. et agr. | -Responsable du projet |
| Sci. Authority- | R. Chagnon, Station de recherche, Saint-Jean | -Expert scientifique |
| Project File No.- | 01916-3-ECA9 | -Numéro du projet |
| Serial No.- | OSD83-00129 | -Numéro de série |
| Contract Cost- | 70 600 $ | -Coût du contrat |

## IMPROVEMENT IN CORN CRIB DESIGN AND DEVELOPMENT OF AN APPROPRIATE TECHNOLOGY FOR HANDLING COB CORN

### OBJECTIVES

To devise, refine, build and test a complete line of equipment, operated with a minimum of labour, for handling and drying corn in a corn crib.

### SUMMARY

Only 8% of grain corn grown in Quebec is dried in cribs. Appropriate mechanization could bring this up to 20% by reducing the labour required for handling ear corn, based on a review of literature that showed how this had already occured in France.

In this research contract, a new type of crib and a range of new equipment for ear corn handling were developed. Full-scale tests were carried out to check the operation of each item.

The new corn crib, 1.2 m wide x 4.8 m high, is made of galvanized steel. The individual parts are first cut, drilled, and bent at the factory. They are then delivered to the farm site where the farmer, with local labour, can bolt the pieces together, on a concrete base. The 50 mm x 50 mm wire mesh cladding is fixed to the outside of the crib. At the factory, holding tabs are made by punching partial holes in the posts. The cladding is installed by placing the horizontal wires behind the tabs and then clinching them with a hammer. The construction is easy, fast and strong.

A new side-unloading, hydraulically tilted ear corn wagon was also developed including a wide unloading door and a flat floor. The design achieves complete unloading without having to get into the box to push out corn cobs. Its useful volume, approximately 13 $m^3$ with extensions, is 20% larger than conventional

## AMÉLIORATION DE LA CONCEPTION DES CRIBS À MAÏS ET MISE AU PONT D'UNE TECHNOLOGIE APPROPRIÉE À LA MANUTENTION DES ÉPIS DE MAÏS

### OBJECTIFS

Concevoir, mettre au point, fabriquer et mettre à l'essai une chaîne complète d'équipements, pouvant être mise en opération avec un minimum de main-d'oeuvre, pour la manutention et le séchage en crib du maïs.

### RÉSUMÉ

Seulement 8% du maïs en grain cultivé au Québec est séché en crib. Une mécanisation appropriée pourrait élever ce pourcentage à 20% en réduisant les besoins en main-d'oeuvre pour la manutention du maïs-épi, d'après l'examen de publications montrant comment cela a déjà eu lieu en France.

Dans ce contrat de recherche, un nouveau type de crib et une gamme d'équipements nouveaux pour la manutention du maïs-épi ont été mis au point. Une série complète d'essais ont été effectués pour vérifier le fonctionnement de chaque élément.

Le nouveau crib à maïs, de 4,8 m de haut sur 1,2 m de large, est en acier galvanisé. Les diverses parties qui le composent sont d'abord coupées, percées et pliées en usine. Elles sont ensuite livrées à la ferme où le fermier, avec l'aide de la main-d'oeuvre locale, peut boulonner les morceaux ensemble sur un socle en béton. La gaine en treillis métallique de 50 mm x 50 mm est fixée à l'extérieur du crib. En usine, les attaches sont faites en perçant des trous partiels dans les poteaux. La gaine est installée en plaçant des fils de fer horizontaux derrière les agrafes puis en les rivant à l'aide d'un marteau. La construction est facile, rapide et solide.

Un nouveau wagon à maïs-épi, à vidange latérale et culbuteur hydraulique a aussi été développé, de même qu'une grande porte de vidange et un plancher plat. Cette conception permet le déchargement complet sans qu'il soit nécessaire d'entrer dans la caisse pour faire sortir les épis de maïs. Son volume utile, près de 13 $m^3$ avec les rallonges, est de 20% plus grand que

grain wagons of the same exterior dimensions.

A conventional conveyor, normally placed perpendicular to the crib for filling, was modified to operate parallel to the crib. This enabled the operator to conveniently move the conveyor as needed to fill the crib easily and more evenly. The capacity of the conveyor was estimated at 20 $m^3/h$, although certain functional problems occured at this rate. Modifications to improve performance were identified, and a capacity of 60 to 100 $m^3/h$ was considered an appropriate target.

A locally-built conveyor for farm use was tested for unloading the crib, in conjunction with a front-mounted hopper for a combine to shell the corn. With the sloped floor in the crib, this assembly enabled two men to completely unload the crib and shell the corn without having to shovel.

Some of the equipment developed needs improvement before being manufactured for sale, but the new corn crib and wagon will be on the market for the 1986 season.

les wagons à grains conventionnels ayant les mêmes dimensions extérieures.

Un élévateur conventionnel, normalement placé perpendiculairement au crib pour le remplissage, a été modifié pour fonctionner parallèlement au crib. Ceci a permis à l'opérateur de déplacer aisément l'élévateur, selon les besoins, pour remplir le crib facilement et de façon plus régulière. La capacité de l'élévateur a été évaluée à 20 $m^3/h$, bien que certains problèmes fonctionnels soient apparus à cette vitesse. Des modifications pour améliorer le rendement ont été identifiées et une capacité de 60 à 100 $m^3/h$ a été considérée comme un objectif approprié.

Un élévateur de construction locale pour usage agricole a été mis à l'essai pour la vidange du crib, avec une trémie montée à l'avant, permettant à une ramasseuse d'éplucher le maïs. Le plancher du crib étant incliné, cet assemblage a permis à deux hommes de décharger complètement le crib et d'éplucher le maïs sans avoir à se servir d'une pelle.

Certains des équipements mis au point doivent être améliorés avant d'être fabriqués et mis en vente, mais ces nouveaux wagons et cribs à maïs seront sur le marché pour la saison de 1986.

Conveyor with moveable spout, to operate parallel to the crib (left);
unloading door and inclined floor of the metal crib (right).
Elévateur avec une chute orientable, permettant de le placer parallèlement au crib (gauche);
porte de vidange et plancher incliné du crib métallique (droite).

| | | |
|---|---|---|
| Contractor- | Canadian Resourcecon (1983) Ltd., Vancouver, B.C. | -Entrepreneur |
| Project Leader- | P. Midgley | -Responsable du projet |
| Sci. Authority- | D.W.H. Culver, Regional Development Branch | -Expert scientifique |
| Project File No.- | 01916-3-EL22 | -Numéro du projet |
| Serial No.- | OSZ83-00116 | -Numéro de série |
| Contract Cost- | $39,100 | -Coût du contrat |

## ASSESSMENT OF NATURAL GAS AS AN ON-FARM MOTOR FUEL IN ALTA AND SASK

### OBJECTIVES

To carry out an economic analysis, inventory and technical feasibility study of the use of natural gas for vehicles (NGV) to fuel farm vehicles in Alberta and Saskatchewan by selecting farm vehicle systems for study and assessing technical and economic aspects.

### SUMMARY

Information was gathered from various sources to review the special equipment available and required on the vehicle and at the fueling location, to assess farm energy use patterns which determine the physical and cost parameters of the equipment, and to study the price and supply systems for gasoline, diesel, natural gas and electricity. Systems considered for NGV supply were farm stand-alone, rural community stations, bulk delivery from central depots, and cylinder delivery and exchange from central depots. The economic assessment considered alternative scales of operation and load factors for various sizes and types of farms, and assumed certain developments in the farm marketplace and NGV technology.

Most vehicles with spark-ignition engines may readily be converted to use either NGV or gasoline. Typical conversion costs (1984) of passenger autos and lights trucks are $2000 to $2400. Conversion technology for diesel engines is currently at the development and demonstration stages. Future conversion cost is estimated at $3000 plus $1000 or more for NGV storage.

## ÉVALUATION DU GAZ NATUREL COMME CARBURANT DANS LES FERMES DE L'ALBERTA ET DE LA SASK

### OBJECTIFS

Faire une analyse économique, un inventaire et une étude de faisabilité sur l'usage du gaz naturel pour véhicules (GNV) comme carburant pour les véhicules de ferme en Alberta et Saskatchewan, en sélectionnant les systèmes de véhicules de fermes qui seront étudiés et en les évaluant sur le plan technique et économique.

### RÉSUMÉ

Des renseignements provenant de diverses sources ont été rassemblés pour examiner le matériel spécial disponible et nécessaire dans le véhicule et dans les lieux d'approvisionnement en carburant, pour évaluer, dans l'utilisation agraire de l'énergie, les modèles déterminant les paramètres physiques et le coût du matériel, et pour étudier les systèmes de prix et d'approvisionnement pour l'essence, le diesel, le gaz naturel et l'électricité. Les systèmes considérés pour l'approvisionnement en GNV étaient: les stations détachées dans les fermes, les stations communautaires rurales, la livraison en vrac à partir de dépôts centraux, et la livraison et la distribution de bouteilles à partir de dépôts centraux. L'évaluation économique a pris en considération divers niveaux d'opération et facteurs de charge pour des fermes de différentes sortes et dimensions, ainsi que certains progrès de la technologie du GNV et certaines tendances du marché agricole.

La plupart des véhicules à moteur à allumage par étincelle peuvent être facilement convertis à l'utilisation soit du GNV, soit de l'essence. Les coûts typiques de conversion (1984) pour les voitures particulières et les camionnettes sont de 2 000 $ à 2 400 $. La technologie de conversion pour les moteurs diesel est actuellement au stade de la mise au point et de la démonstration. Le coût futur de la conversion est évalué à 3 000 $ auxquels il faut ajouter 1 000 $ et plus pour le stockage du GNV.

As natural gas is seldom available at the required pressure of around 20.67 MPa, it is necessary to compress gas prior to its transfer to vehicle storage cylinders. Slow or time-fill systems may be installed at a cost ranging from $10,000 to $20,000, while large, quick-fill systems can exceed the $500,000 level. Costs of small systems are expected to decline as use of NGV becomes more widespread.

Using the profile of farms based on annual fuel consumption volumes which were developed in the study, it appears that some 1100 Alberta farms and 500 Saskatchewan farms could benefit from the use of NGV at the present time (1984).

Anticipated reductions in capital costs of NGV systems will increase the attractiveness of farm NGV systems, and significantly increase the number of farms on which systems could be economically advantageous. Between 15 and 20 percent of the farms in Alberta and Saskatchewan could ultimately be able to gain a useful economic advantage from the use of NGV. These comprise large farms that consume over 200,000 L of diesel fuel per year as well as farms that have heavily used gasoline equipment and vehicles.

However, if NGV is to be more widely adopted in the farm sector, further research, development and demonstrations are required on the location of NGV cylinders on tractors, the effect of the added cylinder and fuel weights, cylinder mounting and substitution, and farm management requirements. Future adoption rates will also depend upon the price spread between diesel fuel, gasoline and natural gas.

Comme le gaz naturel est rarement disponible sous la pression requise d'environ 20.67 MPa, il est nécessaire de le comprimer avant de le transférer dans les bouteilles de stockage du véhicule. Des systèmes de remplissage lent peuvent être installés à des coûts variant de 10 000 $ à 20 000 $ tandis que le coût des grands systèmes de remplissage rapide peuvent dépasser les 500 000 $. On s'attend à ce que le coût des petits systèmes décline à mesure que l'usage du GNV se propagera.

En utilisant le profil des fermes basé sur les volumes de consommation annuelle de carburant calculés dans le cadre de cette étude, il semble que 1 100 fermes de l'Alberta et 500 de la Saskatchewan pourraient à présent (1984) bénéficier de l'utilisation du GNV.

Les réductions prévues des coûts en capital des systèmes de GNV devraient rendre plus attrayants les systèmes de GNV dans les fermes et augmenter de façon significative le nombre de fermes où ces systèmes seraient économiquement avantageux. De 15 à 20 pour cent des fermes de l'Alberta et de la Saskatchewan pourraient finalement être en mesure de tirer un avantage économique appréciable de l'utilisation du GNV. Ce pourcentage inclut des grandes fermes consommant plus de 200 000 L de carburant diesel par an, ainsi que des fermes qui ont fait grand usage de matériel et de véhicules à essence.

Cependant, si le GNV doit être plus communément adopté dans le secteur agricole, des recherches, mises au point et démonstrations supplémentaires sont nécessaires en ce qui concerne l'emplacement des bouteilles de GNV sur les tracteurs, l'effet du poids supplémentaire des bouteilles et du carburant, l'attachement et le changement des bouteilles et les exigences de la gestion agricole. Les taux futurs d'adoption dépendront aussi de l'écart entre les prix de l'essence, du carburant diesel et du gaz naturel.

| | | |
|---|---|---|
| Contractor- | McGill University, Montreal, Que. | -Entrepreneur |
| Project Leader- | T.A. Lawand, Brace Research Institute | -Responsable du projet |
| Sci. Authority - | R. Chagnon, Saint Jean Research Station | -Expert scientifique |
| Project File No.- | 01916-2-ER28 & 3-ER30 | -Numéro du projet |
| Serial No.- | OSV82-00017 & OSD83-00060 | -Numero de série |
| Contract Cost- | $74,600 | -Coût du contrat |

## GUIDE TO SOIL AS AN UNDERGROUND HEAT STORAGE MEDIUM

## LE SOL COMME MILIEU SOUTERRAIN DE STOCKAGE DE LA CHALEUR

### OBJECTIVES

To review and analyze the literature on use of soil as a heat storage medium. To develop operating information and parameters by running tests with an existing test bed, developing a predictive model, and producing a design guide.

### OBJECTIFS

Dépouiller et analyser les publications scientifiques sur l'utilisation du sol comme milieu de stockage de la chaleur. Produire des données et des paramètres d'exploitation par l'exécution d'essais au moyen d'une planche existante, la mise au point d'un modèle de prédiction et la production d'un guide de conception.


### SUMMARY

An extensive literature review was carried out, including contact with research organizations in Japan and France, an experimental test rig was established to test heat transfer rates into two soil test beds, from warm air blown through buried drainage pipes.

A series of experiments were done to determine the short-term heat transfer characteristics of dry air flowing through the 102 mm diameter, non-perforated, corrugated plastic pipes buried in pure sand and sandy loam. Air velocities in the pipe ranged from 1.4 to 7.5 m/s, over heat transfer periods of less than 12 hours. A transient numerical computer model was developed to predict the heat transfer rates from the air to the soil. The model was verified against the experimental results, and then used to develop a series of design curves for each of the soils. These curves can be used for practical design of heat transfer systems which use corrugated plastic air ducts buried in a large soil mass.

Preliminary testing indicated that the use of the system for dehumidification is promising, and that increased heat transfer rates, as compared to no condensation conditions, are

### RÉSUMÉ

Une vaste étude bibliographique a été effectuée (comprenant des contacts avec des organismes de recherches au Japon et en France) et un dispositif d'essai expérimental a été établi pour vérifier les taux de transfert de la chaleur dans deux planches d'essais de sol à partir d'air chaud pulsé dans des canalisations de drainage souterraines.

Une série d'expériences ont été effectuées pour déterminer les caractéristiques de transfert de chaleur de l'air sec circulant au travers de tuyaux en plastique cannelés, non perforés, de 102 mm de diamètre enterrés dans du sable et un loam sableux. Les vélocités de l'air dans l'air dans le tuyau variaient de 1,4 à 7,5 m/s pour des périodes de transfert de moins de 12 heures. Un modèle d'ordinateur numérique transitoire a été mis au point pour prédire les taux de transfert de chaleur de l'air au sol. Le modèle a été comparé aux résultats expérimentaux et a ensuite servi à élaborer une série de courbes de conception pour chaque sol. Ces courbes peuvent être utilisées pour la conception pratique de systèmes de transfert de chaleur qui utilisent les conduits d'air en plastique cannelés enterrés dans une grande masse de sol.

Les premiers essais révèlent que l'utilisation du système comme déshumidificateur est prometteuse et que l'amélioration des taux de transfert de chaleur, comparativement à des conditions de condensation

possible. Changes in soil temperatures at distances greater than 20 to 30 cm from the centre of the duct were neglible for periods of heat input of up to 12 hours. For underground solar heat storage systems consisting of an array of parallel horizontal ducts, centre to centre spacings of 40 to 60 cm are recommended. The suggested duct length for such systems is between 10 to 15 metres. These guidelines are very approximate since other factors such as economics must be considered when designing an optimum system.

nulle, est possible. Les variations des températures du sol à des distances supérieures à 20-30 cm du centre du conduit sont négligeables pendant des périodes d'apport de chaleur pouvant aller jusqu'à 12 heures. Les systèmes de stockage souterrain de chaleur solaire composés d'un assortiment de conduits horizontaux parallèles, écartés de 40 à 60 cm centre à centre, sont recommandés. La longueur recommandée des conduits pour ce genre de système est de 10 à 15 mm. Ces directives sont très approximatives puisque d'autres facteurs comme l'économie doivent être considérés avant de pouvoir concevoir un système optimal.

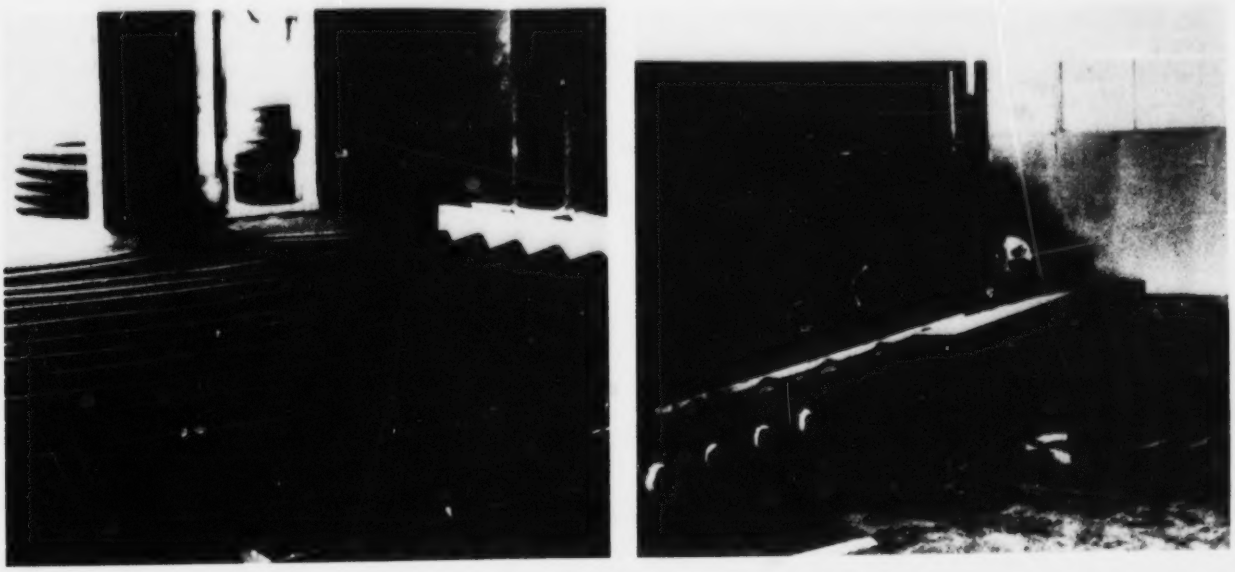
The required design guide was prepared as referenced below.

Le guide de conception requis a été préparé d'après la référence ci-dessous.

Associated Publication:

Publication de ce travail:

Lawand, T.A., Coffin, W., Alward, R., Chagnon, R. 1985. Design Guide for underground heat storage. Saint-Jean-sur-Richelieu Research Station, Agriculture Canada, Technical Bul. No. 21, 75 pp.



Installation of corrugated plastic pipe as buried air ducts.
Installation d'un conduit en plastique cannelé sous forme de canalisations d'air enterrées.

| | | |
|---|---|---|
| Contractor- | Middleton Associates, Toronto, Ont. | -Entrepreneur |
| Project Leader- | P.F. Love, Vice-President | -Responsable du projet |
| Sci. Authority- | R.D. Hayes, Eng. & Stat. Res. Inst. | -Expert scientifique |
| Project File No.- | 01843-0-CP01 (UP-M-230) | -Numéro du projet |
| Serial No.- | 1SZ80-00079 | -Numéro de série |
| Contract Cost- | $31,000 | -Coût du contrat |

(Contract awarded as a result of an Unsolicited Proposal)
(Contrat adjugé à la suite d'une proposition spontanée)

## ENERGY SURVEY AND CONSERVATION HANDBOOK FOR RESTAURANTS

### OBJECTIVES

To carry out a detailed energy audit of Canadian restaurants by conducting a mail survey, monitoring energy consumption in five typical restaurants, and analyzing and comparing the data. If warranted by the results, prepare an energy conservation handbook.

### SUMMARY

Energy use data were collected from 100 restaurants in a mail survey, from 44 during on-site audits, and 4 were monitored over a 14-day period. Co-operation of the individual restaurants was established through the Canadian Food and Restaurant Association.

Collected data were categorized by restaurants that provide: table service and serve liquor; table service but do not serve liquor; fast food but no table service and normally have low washing demands because they use disposable cutlery; and commissary, cafeteria and institutional operations. For each category, average values were calculated for total annual energy use and costs, unit cost of delivered energy, energy use and cost per customer, and the fraction of total revenues spent on energy.

Energy use was estimated for cooking and serving; refrigeration; washing; heating, ventilating and air conditioning (HVAC); and lighting. Estimates were made from nameplate information and the restaurant staff's estimates of operating hours. HVAC accounted for 30 to 55% of total energy use, followed by cooking and

## ENQUÊTE SUR LA CONSOMMATION DE L'ÉNERGIE ET MANUEL D'ÉCONOMIES D'ÉNERGIE POUR LES RESTAURANTS

### OBJECTIFS

Effectuer une vérification détaillée de la consommation d'énergie de restaurants canadiens par l'exécution d'une enquête postale, la surveillance de la consommation d'énergie dans cinq restaurants typiques, ainsi que l'analyse et la comparaison des données. Si les résultats le justifient, préparer un manuel d'économies d'énergie.

### RÉSUMÉ

Des données sur la consommation d'énergie ont été recueillies de 100 restaurants dans le cadre d'une enquête postale, de 44 au cours de vérifications sur place, et 4 ont été suivies de près au cours d'une période de 14 jours. La collaboration de chaque restaurant a été établie par l'intermédiaire de l'Association canadienne des restaurants et des services de l'alimentation.

Les données recueillies ont été classés par restaurants qui offrent le service aux tables et servent des boissons alcoolisées, offrent le service aux tables mais ne servent pas de boissons alcoolisées, offrent de la restauration rapide, mais pas de service aux tables et qui éprouvent normalement peu de besoins de lavage car ils utilisent des ustensibles jetables, ainsi que les commissariats, cafétérias et services aux collectivités. Pour chaque catégorie, des valeurs moyennes ont été calculées pour la consommation et les coûts de l'énergie annuels totaux, le coût unitaire de l'énergie livrée, la consommation d'énergie et le coût par client, ainsi que la fraction des revenus totaux affectée à l'énergie.

L'utilisation de l'énergie a été estimée pour la cuisson et le service, la réfrigération, le lavage, le chauffage, la ventilation et la climatisation de l'air (HVAC), et l'éclairage. Les estimations ont été faites à partir de renseignements figurant sur la plaque commerciale et à partir des propres estimations des heures d'exploitation par le personnel des

serving at 20 to 40%.

Seasonal temperature variation may account for as much as 65% of total energy use in the coldest month. Where climatic influence is constant, floor area may account for some of the variation in energy use among restaurants in the same category. Other influences include building age, maintenance and operation practices and menus. Analyzing patterns of energy use in the institutional sector is complicated by bulk metering in the buildings of many of the foodservice establishments surveyed.

The four restaurants monitored, one in each category, indicated nameplate information is often inaccurate, and restaurant staff are unfamiliar with the service cycle of applicances, resulting in energy inefficiency. Discrepancies between rated performance (on nameplates) and actual performance point, in part, to inadequate servicing and maintenance programs.

Restaurants with energy conservation programs had lower energy use than average for their category by as much as 25%. This, in affiliation with other factors affecting energy performance, suggests that it is probably feasible to reduce energy use per customer by 18 to 25%.

Energy use targets attainable by the majority of restaurants with a minimum of capital investment

| Restaurant Type | Energy Use Target (MJ/customer) |
|---|---|
| With Liquor | 20 - 25 |
| Without Liquor | 7 - 10 |
| Fast Food | 5 - 8 |
| Institutional (cafeteria only) | 4 - 7 |

The energy conservation handbook was prepared under a separate agreement with Energy, Mines and Resources Canada, rather than as originally planned under this contract, and is referenced as:
Profit by Conserving Energy in your Restaurant. BETT Program, Energy, Mines & Resources Canada, Ottawa. Cat. No. M92-10/1984E.

restaurants. Les opérations HVAC absorbent 30 à 50% de la consommation totale d'énergie, suivies par la cuisson et le service à 20 à 40%.

Les variations saisonnières de la température peuvent représenter jusqu'à 65% de la consommation totale d'énergie au cours des mois les plus froids. Lorsque l'effet du climat est constant, la surface de plancher peut représenter une partie de la variation de la consommation d'énergie entre les restaurants classés dans la même catégorie. D'autres influences viennent de l'âge des bâtiments, des pratiques d'entretien et de fonctionnement, ainsi que des menus servis. L'analyse de la consommation d'énergie dans le secteur des collectivités est compliquée par le mesurage en vrac de la consommation dans les bâtiments de nombreux établissements de restauration étudiés.

L'analyse des quatre restaurants, un dans chaque catégorie, indique que les renseignements figurant sur la plaque commerciale sont souvent imprécis et que le personnel du restaurant n'est pas au courant du cycle d'utilisation des appareils, ce qui entraîne le gaspillage d'énergie. Les écarts entre le rendement coté (sur de plaques commerciales) et le rendement réel témoignent en partie de l'insuffisance des programmes de service et d'entretien.

Les restaurants qui disposent de programmes d'économies d'énergie affichent une consommation d'énergie pouvant aller jusqu'à 25% inférieure à la moyenne de leur catégorie. Ce tour de force, conjugué à d'autres facteurs touchant le rendement énergétique, donne à penser qu'il est probablement possible de réduire de 18 à 25% la consommation d'énergie par client.

Voici les objectifs de consommation d'énergie réalisables par la majorité des restaurants moyennant un minimum d'investissement en capital

| Type de restaurant | Objectif de consommation d'énergie (MJ/client) |
|---|---|
| Avec boissons alcoolisées | 20 - 25 |
| Sans boissons alcoolisées | 7 - 10 |
| Restauration rapide | 5 - 8 |
| Collectivités (cafétérias seulement) | 4 - 7 |

Le manuel d'économies d'énergie, a été préparé au titre d'une entente distincte avec le ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources, plutôt qu'originalement prévu dans le cadre du présent contrat. La bibliographie est:
Économies d'énergie et profits à la carte. Le Programme de TTEB, Énergie, Mines et Ressources Canada, Ottawa. N° de catalogue: M92-10/1984F.

| | | |
|---|---|---|
| Contractor- | Buchan, Lawton, Parent, Ltd., Ottawa, Ont. | -Entrepreneur |
| Project Leader- | D.E. Buchan, P.Eng. | -Responsable du projet |
| Sci. Authority- | R.D. Hayes, Eng. & Stat. Res. Inst. | -Expert scientifique |
| Project File No.- | 01843-0-CP04 | -Numéro du projet |
| Serial No.- | 05Z80-00114 | -Numéro de série |
| Contract Cost- | $33,800 | -Coût du contrat |

## POTENTIAL FOR ENERGY CONSERVATION IN THE FOOD RETAILING SECTOR

### OBJECTIVES

Identify energy saving techniques that have been implemented by retail outlets in Canada, and determine level of benefit. Carry out site visits to assess extent of use of such techniques. Project techniques and energy conservation potential.

### SUMMARY

A list of energy saving techniques implemented in various retail food outlets across Canada was produced. For each technique identified, initial costs, ongoing costs and saving, and hence payback period were determined. Variables such as climate, size and classification of the retail food outlet were taken into account. This produced a list of potential savings, which although available and acceptable within some current retailing philosophies, are not commonly practiced (in 1981).

To determine the extent to which the identified techniques are usually practiced in Canada a concentrated survey was carried out in the Ottawa area with less extensive sampling in the Toronto and Montreal areas. Visits were made to corporate offices and individual stores across Canada to complete the national picture.

There exists in the food retailing sector a substantial potential for energy conservation, but very little of this potential has been realized. The lack of progress in this area stems from four major deficiencies: lack of verified technical and economic data for investment decisions; lack of means of disseminating energy conservation information to the store level; lack of a means of instituting energy conservation programmes at the store

## POSSIBILITÉ D'ÉCONOMIES D'ÉNERGIE DANS LE SECTEUR DE LA VENTE AU DÉTAIL DES ALIMENTS

### OBJECTIFS

Identifier des techniques d'économie d'énergie appliquées par des points de vente au détail au Canada et en évaluer les avantages. Effectuer des visites sur place pour évaluer l'utilisation de ces techniques. Projeter des techniques et des possibilités d'économies d'énergie.

### RÉSUMÉ

On a produit une liste de techniques d'économies d'énergie appliquées à divers points de vente au détail des aliments au Canada. Pour chaque technique identifiée, les coûts initiaux, les coûts permanents et les dépenses, et partant le délai de récupération, ont été déterminés. Des variables comme le climat, la taille et le type de point de vente au détail ont été pris en compte. Cette façon de procéder a permis de produire une liste d'économies potentielles qui, bien que disponibles et acceptables selon certains principes actuel de vente au détail, ne sont pas couramment pratiquées (en 1981).

Pour déterminer jusqu'à quel point les techniques identifiées sont habituellement pratiquées au Canada, une enquête a été effectuée dans la région d'Ottawa, complétée par des échantillonnages moins nombreux dans les régions de Toronto et d Montréal. Les visites ont été faites à des bureaux de grandes sociétés et à des magasins particuliers au Canada pour compléter le tableau national.

Dans le secteur de la vente au détail des aliments, il existe un fort potentiel d'économies d'énergie, mais dont une infime proportion s'est matérialisée à ce jour. Le piétinement dans ce domaine est attribuable à quatre lacunes importantes, soit l'absence de données techniques et économiques vérifiées pour la prise de décisions d'investissement, le manque de moyens de diffusion de l'information sur l'économie d'énergie au niveau des magasins, le manque de moyens de mettre sur pied des programmes d'économie au niveau

level; and lack of experience of the industry with many of the potential means of reducing energy consumption.

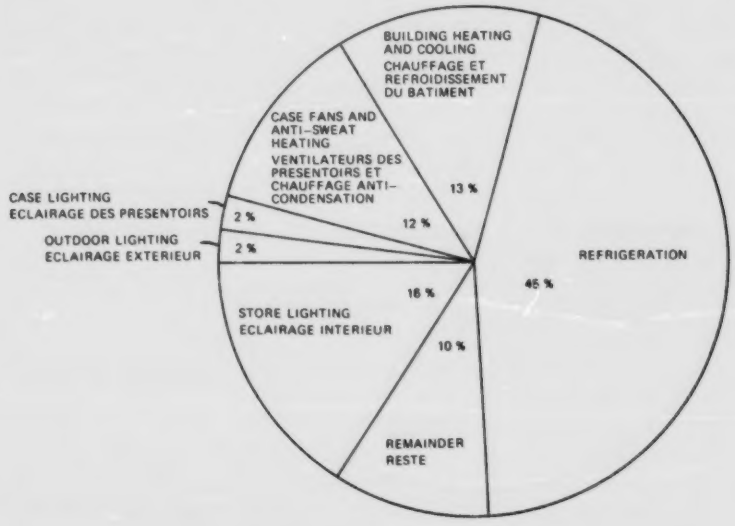
The retail food sector consumes approximately $10^9$ kWh of energy annually, mostly in the form of electricity. Some effort has been directed toward reducing energy consumption in all regions of the country and in all types of stores, however, in general the results have been poor. The retail food marketing sector is a very well established industry with many time proven management and marketing practices. Although energy costs have increased, they are still considered a minor expense in the operation of stores.

The potential for energy conservation appears to be substantial with a 30% decrease in energy use per unit of sales possible over the next 10 years. Achieving this level of reduction in energy usage would require the use of all economically justifiable modifications by all stores across Canada in the areas of both equipment and practices. A reduction of approximately 5% over the same period is likely if the current level of effort is maintained.

des magasins et le manque d'expérience du secteur dans l'utilisation de nombreux moyens potentiels de réduire la consommation énergétique.

Le secteur de la vente au détail des aliments consomme environ $10^9$ kWh d'énergie par année, généralement sous forme d'électricité. Certains efforts ont été consacrés à réduire la consommation de l'énergie dans toute les régions du pays et dans tous les types de magasins, mais en règle générale, les résultats ont été décevants. Le secteur de la commercialisation des aliments au détail est très établi et possède des pratiques de gestion et de commercialisation éprouvées. Même si les coûts de l'énergie ont augmenté, ils sont encore considérés comme un poste de dépenses négligeable dans l'exploitation des magasins.

Les possibilités d'économies d'énergie semblent substantielles si on considère qu'il est possible de réduire la consommation de 30% par unité de vente au cours des 10 prochaines années. La réalisation de cet objectif nécessiterait que tous les magasins au Canada apportent toutes les modifications économiquement justifiables dans le domaine de l'équipement et des pratiques. Une réduction de la consommation d'environ 5% au cours de la même période est probable si le niveau actuel des efforts est maintenu.




Energy consumption in the average supermarket.
Consommation énergétique dans le supermarché moyen.

| | | |
|---|---|---|
| Contractor- | Shawmont Newfoundland Ltd., St. Johns, NF. | -Entrepreneur |
| Project Leader- | R.A. Robertson, P.Eng., Vice President | -Responsable du projet |
| Sci. Authority- | D.R.L. White, Fisheries and Oceans | -Expert scientifique |
| Project File No.- | 01843-0-CP06 | -Numéro du projet |
| Serial No.- | 05Z80-00093 | -Numéro de série |
| Contract Cost- | $27,400 | -Coût du contrat |

## A STUDY OF THE ENERGY REQUIREMENTS RELATED TO WATER USAGE IN FISH PLANTS

### OBJECTIVES

Conduct a water use survey of 8 fish processing plants in Newfoundland, identify effect of water use on energy requirements and report system changes and payback periods that would reduce energy demand.

### SUMMARY

Site visits were made to the 8 plants, operated by Fishery Products Ltd., and actual flow rates were documented. For each plant, the methods of fish handling were described, piping single line diagrams for both salt and fresh water were prepared, and individual plant statistics were gathered. This documentation was then used to quantify the measured flow rates and to correlate these with the water consumption figures gathered during the periods from 1978 to 1980.

It became apparent during the initial stages of the study that the cost of energy associated with water wastage was substantially less than the cost of the water itself. Therefore, the emphasis of the study was altered from energy requirements related to water usage to the actual water conservation techniques required to reduce water consumption in the plants. The study concentrated on the actual water savings which might be possible through straight forward techniques such as turning off water hoses and other relatively low-cost techniques.

The overall reduction of water usage can be broken down into two categories: low cost and capital intensive. The first involves simple housekeeping, such as closing valves, and incorporating low-cost retrofit remedies such as installation of automatic shut off nozzles on wash down hoses, making valves accessible, installing motorized control valves, and installing double sink pan dips.

## UNE ÉTUDE DES BESOINS D'ÉNERGIE LIÉS À L'UTILISATION D'EAU DANS LES USINES DE TRANSFORMATION DU POISSON

### OBJECTIFS

Mener une enquête sur l'utilisation d'eau dans huit usines de transformation du poisson à Terre-Neuve, identifier l'effet de l'utilisation d'eau sur les besoins d'énergie et faire rapport des modifications du système et des délais de récupération qui réduiraient la demande d'énergie.

### RÉSUMÉ

Des visites sur place ont été effectuées dans les huit usines exploitées par Fishery Products Ltd., et les débits réels ont été établis. Pour chaque usine, les méthodes de manutention du poisson ont été décrites, des diagrammes unilignes de la tuyauteri pour l'eau salée et l'eau douce ont été préparés et des statistiques particulières à chaque usine ont été recueillies. Cette documentation a ensuite servi à quantifier les débits mesurés et à les corréler aux données sur la consommation d'eau réunies de 1978 à 1980.

Il appert qu'au cours des premières étapes de l'étude, le coût de l'énergie relié au gaspillage d'eau était de beaucoup inférieur à celui de l'eau comme tel. L'optique de l'étude a donc été modifiée et est passée des besoins d'énergie relatifs à l'utilisation d'eau aux techniques réelles de conservation de l'eau nécessaires pour réduire la consommation dans les usines. L'étude a mis l'accent sur les économies réelles d'eau qui pourraient être réalisables par l'utilisation de techniques directes comme le fait de couper l'eau des tuyaux d'arrosage et d'autres techniques relativement peu onéreuses.

Les techniques de réduction globales de l'utilisation d'eau peuvent se diviser en deux catégories, à savoir les techniques peu coûteuses et celles à forte concentration de capital. La première comprend de simples travaux d'entretien comme la fermeture des valves et le recours à des améliorations bon marché comme l'installation de gicleurs à opturation automatique sur les tuyaux de purge, l'accessibilité des valves, l'installation de valves de contrôle motorisées et de bacs de trempage à double évier.

The second level of effort involves more complex and costly retrofit options such as the redesign of basic water consuming processes to minimize water consumption while maintaining both health and quality control standards. By far, the greatest savings can be realized by the implementation of the low-cost recommendations.

Individual recommendations were listed for each of the processing plants to indicate the type and amount saved for each change. Water consumption data was tabulated to show use rates at various stages.

General recommendations included providing devices or action to stop water flow when not needed, and educating employees. Further investigation was suggested on many items, including bacteriological sampling vs. water flow, offal transportation system development, automatic chlorination, fluming procedures and increasing proportion of salt water used. Installation of enough pumps to better match performance during varying load requirements could also provide energy savings.

La seconde catégorie de techniques comprend les améliorations plus complexes et onéreuses comme le remaniement de la conception des procédés fondamentaux de consommation d'eau pour minimiser cette consommation tout en maintenant les normes de contrôle de la santé et de la qualité. L'application des recommandations peu onéreuses constitue sans nul doute le domaine où il est possible de réaliser les plus grandes économies.

Chaque recommandation a été énumérée pour chacune des usines de transformation pour indiquer le type d'économie et le montant économisé pour chaque modification. Des données sur la consommation d'eau ont été mises en tableau pour montrer les taux d'utilisation à divers stades d'application.

Les recommandations générales comprennent des dispositifs ou des mesures visant à stopper l'écoulement de l'eau lorsqu'elle n'est pas nécessaire et la formation des employés. D'autres études ont été suggérées pour plusieurs articles, notamment l'échantillonnage bactériologique et le débit d'eau, la mise au point d'un système de transport des abats, la chloration automatique, des méthodes de distribution par goulottes et l'accroissement de la proportion d'eau salée utilisée. L'installation d'un nombre suffisant de pompes pour mieux équilibrer le rendement au cours des périodes de variations de charge pourrait également assurer des économies d'énergie.

| | | |
|---|---|---|
| Contractor- | The Conserver Group Inc., Winnipeg Man. | -Entrepreneur |
| Project Leader- | D. Waldman, President | -Responsable du projet |
| Sci. Authority- | A.L. Moyls, Summerland Research Station | -Expert scientifique |
| Project File No.- | 01843-0-CP07 | -Numéro du projet |
| Serial No.- | 05Z80-00090 | -Numéro de série |
| Contract Cost- | $15,500 | -Coût du contrat |

## ENERGY CONSERVATION THROUGH THE CONTROL OF COMMERCIAL COOKING EQUIPMENT EXHAUST AND MAKE-UP AIR

### OBJECTIVES

To investigate and report on techniques to reduce the energy requirements of commercial cooking equipment exhaust and replacement air, with consideration for health and safety.

### SUMMARY

A survey of restaurants in Winnipeg was carried out by visiting 18 commercial kitchens representing a range of types of establishments. Through measurements and interviews, information such as types of cooking equipment, hours of operation, peak cooking times, hood designs, exhaust and make-up air volumes and energy consumption was collected. By listing and categorizing all such operations in the city, it was extrapolated that the equivalent of $175 \times 10^6$ kWh of energy is consumed each year in commercial kitchens in Winnipeg by the heating of replacement air for cooking exhaust systems that are on constantly at full volume. The survey also determined that most kitchens only operate at or near a full cooking volume for about 30 to 35% of their operating time.

Relevant building and equipment codes were investigated and information gathered to determine the intent behind the various regulations so that any proposed new system would be safe and not endanger health. It was determined that some codes are contradictory, some have loopholes, and that interpretation varies between jurisdictions.

The technical aspects of different components of kitchen exhaust system were examined in detail, including different exhaust hood designs, grease extractors, duct velocities,

## ÉCONOMIES D'ÉNERGIE PAR LE RÉGLAGE DE L'AIR D'ÉCHAPPEMENT ET DE REMPLACEMENT DE L'ÉQUIPEMENT COMMERCIAL DE CUISSON

### OBJECTIFS

Faire enquête et rapport sur des techniques visant à réduir les besoins d'énergie que représente l'air d'échappement et de remplacement d'un équipement commercial de cuisson en tenant compt des considérations de santé et de sécurité.

### RÉSUMÉ

Une enquête auprès de restaurants à Winnipeg a été effectuée par la visite de 18 cuisines commerciales représentant divers types d'établissements. Par le truchement de mesures et d'entrevues, de données comme les types d'équipement de cuisson, le temp d'exploitation, les heures de cuisson de pointe, les modèles de hottes, les volumes d'air d'échappement et de remplacement et la consommation d'énergie ont été recueillies. Par l'énumération et l catégorisation de ce genre d'établissements dans la ville, on a pu extrapoler que l'équivalent de $175 \times 10^6$ kWh d'énergie est consommé chaque année par les cuisines commerciales de Winnipeg pour chauffer l'air de remplacement nécessaire à des systèmes d'échappement de cuisson qui opèrent constamment à plein régime. L'enquête a également déterminé que la plupart des cuisines n'opèrent pratiquement qu'à pleine capacité de cuisson pendant 30 à 35% environ de leur temps d'exploitation.

On a étudié les codes du bâtiment et d'équipement pertinents et recueilli des données pour déterminer l'intention des divers règlements pour que tout nouveau système proposé soit sûr et sans danger pour la santé. On a ainsi pu déterminer que certains codes sont contradictoires, que d'autres présentent des échappatoires et que leur interprétation varie d'une juridiction à l'autre.

Les aspects techniques des diverses composantes du système d'échappement des cuisines ont été examinés en détail, y compris les divers modèles de hottes d'échappement, extracteurs de graisse, vélocités de

exhaust volumes, etc. as were air make-up units, fail-safe control systems, volume control systems, and present methods being used to reduce energy costs.

After determining that the amount of cooking vapours is at least proportional to the heat input to the cooking appliances, four new systems were proposed based on matching the amount of exhaust to the type of amount of cooking:

- variable volume exhaust fan
- sectionalized canopy hood
- grease extractor with variable position baffles
- variable volume compensating design hood

These were first shown to conform to the codes and their intents and their methods of matching replacement air volumes, of applying fail-safe control systems, and fire safety systems were discussed. The inherent disadvantages of each of these systems were pointed out, as was the potential need to change the code governing direct gas-fired make-up units.

l'air des conduits, volumes d'échappement, etc., tout comme les appareils de renouvellement de l'air, des systèmes de réglage anti-panne, systèmes de contrôle des volumes de cuisson et méthodes actuelles utilisées pour réduire les coûts de l'énergie.

Après avoir déterminé que le volume des vapeurs de cuisson est au moins proportionnel à l'apport de chaleur aux appareils de cuisson, quatre nouveaux systèmes ont été proposés d'après le principe de l'égalité entre le volume d'échappement et le type et le volume de cuisson:

- ventilateur aspirant à volume variable
- hotte sectionnée
- extracteur de graisse muni de déflecteurs à position variable
- hotte compensatrice à volume variable

Ces systèmes ce sont d'abord avérés conformes aux codes et à leur intention, et leurs modes d'équilibrage des volumes d'air de remplacement, d'application des systèmes de réglage anti-panne et de sécurité-incendie ont ensuite été examinés. Les inconvénients inhérents à chacun de ces systèmes ont été signalés, tout comme le besoin potentiel de modifier le code régissant les appareils compensateurs actionnés directement au gaz.

| | | |
|---|---|---|
| Contractor- | Canadian Resourcecon Ltd., Calgary, Alta. | -Entrepreneur |
| Project Leader- | D.K. Strang | -Responsable du projet |
| Sci. Authority- | A.L. Moyls, Summerland Research Station | -Expert scientifique |
| Project File No.- | 01843-0-CP08 | -Numéro du projet |
| Serial No.- | 05Z80-00091 | -Numéro de série |
| Contract Cost- | $38,700 | -Coût du contrat |

## STUDY OF ENERGY CONSERVATION OPPORTUNITIES FOR THE CANADIAN MEAT PROCESSING INDUSTRY

### OBJECTIVES

Define the current (1981) position of the meat processing industry on energy management and compile a list of potentially useful energy conservation techniques, through review of literature, questionnaires, and plant inspections and interviews.

### SUMMARY

The meat processing industry is the fifth largest industrial user of energy in Canada. This is primarily because of the requirements for refrigerated spaces and hygenic plant conditions. Plant differences can be explained by the plant process function mix, process energy use efficiency, and throughput or capacity utilization.

A two-part questionnaire was developed and sent to the 247 red meat processors across Canada. There were 20 respondents, 18 for part one (survey of plant energy conservation programs implemented and capital expenditure priorities) and 13 for part two (detailed information on physical plant, energy conservation measures, and production and energy use data), leading to 11 plant audits and one energy bus visit.

The low response to part one means that any inferences drawn from the results cannot be assumed to be indicative of the industry as a whole.

Results of part two of the survey indicate that the existence of plant energy conservation programs is negligible. Only the larger, fully-integrated plants have formal programs, primarily due to the lack of funds and time that plant engineering staff have to devote to

## ÉTUDE DES POSSIBILITÉS D'ÉCONOMIES D'ÉNERGIE POUR LE SECTEUR CANADIEN DE LA VIANDE

### OBJECTIFS

Définir la position (1981) du secteur de la viande sur la gestion de l'énergie et compiler une liste de techniques potentiellement utiles d'économies par une étude bibliographique, des questionnaires, ainsi que des inspections d'usines et des entrevues d'exploitants.

### RÉSUMÉ

Le secteur de la viande est le cinquième utilisateur industriel d'énergie au Canada. C'est essentiellement à cause de ses exigences concernant l'espace réfrigéré et les conditions hygiéniques des usines. Les différences entre les usines peuvent s'expliquer par la composition des fonctions de transformation, l'efficience d'utilisation de l'énergie de transformation et les débits ou l'utilisation de la capacité.

Un questionnaire en deux parties a été élaboré et envoyé au 247 transformateurs de viandes rouges au Canada. Vingt enquêtés ont répondu, 18 pour la partie une (enquête sur les programmes appliqués d'économies d'énergie en usine et priorités de dépenses en capital) et 13 pour la partie 2 (renseignements détaillés sur l'aspect physique de l'usine, les mesures d'économies d'énergie et les données sur la production et l'utilisation de l'énergie), ce qui a débouché sur 11 vérifications d'usines et une visite de l'Energiebus.

Le faible taux de réponses à la partie une signifie que toute inférence tirée des résultats ne peut être présumée représentative du secteur dans son ensemble.

Les résultats de la partie 2 de l'enquête révèlent que les programmes d'économies d'énergie en usine sont pratiquement négligeables. Seules les grandes usines pleinement intégrées disposent de programmes officiels, principalement à cause de l'insuffisance de fonds et de temps dont dispose le personnel technique

program creation. A plant engineering department's primary function is to ensure that the plant is properly maintained to avoid production disruptions. To illustrate, reduction in energy per unit production was ranked third or lower by almost all of the respondents. This is understandable considering that, on average, energy costs are about five percent of total costs.

The ranking of five generic types of energy conservation measures indicated that respondents have directed some attention to improving electrical energy use and boiler/steam use efficiency. Few heat recovery measures have been implemented; electrical energy conservation measures have primarily focussed on power factor correction; only about half the respondents had implemented boiler/steam use improvements; respondents seem to understand the importance of personnel training and better equipment maintenance; and, upgraded insulation has been the most widespread measure implemented.

Low levels of energy conservation implementation were due to plants overlooking low-cost measures, poor economics, precluding capital intensive measures, a lack of information available to meat processing plants, particularly smaller ones, about available cost-effective energy conservation measures and regulatory requirements that have inhibited the implementation of energy conservation measures.

The difference in energy use indices, between plants, can largely be attributed to differences in the plant process function mix. Energy conservation measures that have been implemented can also account for some of the difference. However, this could not be rigorously determined because of the lack of historical energy use data.

A comprehensive list of energy conservation measures was assembled from various sources, and discussed in the report, including heat recovery methods, retrofit equipment, and management procedures.

des usines pour consacrer à la création de programmes. La principale fonction du département technique d'une usine est d'assurer le bon entretien de celle-ci pour éviter tout arrêt de production. Pour illustrer ce point, la réduction de la consommation d'énergie par unité de production a été classée, au mieux, en troisième place par presque tout les enquêtés. C'est compréhensible compte tenu du fait qu'en moyenne, les coûts de l'énergie représentent environ 5% des coûts totaux.

Le classement de cinq types génériques de mesures d'économies d'énergie révèle que les enquêtés ont accordé une certaine attention à l'amélioration de l'utilisation de l'énergie électrique et à l'efficience de l'utilisation des chaudières à vapeur. Peu de mesures de récupération de la chaleur ont été appliquées, les mesures d'économies de l'énergie électrique ont mis l'accent sur la correction du facteur de puissance, seulement près de la moitié des enquêtés a apporté des améliorations à l'utilisation de la chaudière à vapeur, les enquêtés sont semblé comprendre l'importance de la formation du personnel et d'un meilleur entretien de l'équipement et finalement, l'amélioration de l'isolation a été la mesure la plus largement adoptée.

Cette contre-performance en matière d'économies d'énergie est principalement attribuable à la négligeance des usines pour ce qui est des mesures bon marché, à une économie médiocre empêchant la prise de mesures à forte concentration de capital, à un manque d'information des établissements de transformation, en particulier des plus petits, au sujet des mesures disponibles et rentables d'économies d'énergie, et aux exigences réglementaires qui ont entravé l'application de mesures d'économie.

La différence dans les indices d'utilisation de l'énergie entre les usines peut être largement attribuable à des différences dans la composition de leur fonction de transformation. Les mesures d'économie appliquées peuvent également expliquer une partie de cette différence, mais on n'a pu le vérifier avec exactitude à cause de l'absence de données historiques sur l'utilisation de l'énergie.

Une liste détaillée de mesures d'économies d'énergie a été dressée à partir de diverses sources et examinée dans le rapport, en l'occurence des méthodes de récupération de la chaleur, du matériel de calorifugeage et des techniques de gestion.

| | | |
|---|---|---|
| Contractor- | University of Manitoba, Winnipeg, Man. | -Entrepreneur |
| Project Leader- | G.M. Vaisey-Genser, Dept. of Foods & Nutrition | -Responsable du projet |
| Sci. Authority- | L. Moyls, Summerland Research Station | -Expert scientifique |
| Project File No.- | 01843-0-CP09 | -Numéro du projet |
| Serial No.- | OSU80-00186 | -Numéro de série |
| Contract Cost- | $22,500 | -Coût du contrat |

## ENERGY CONSUMPTION AND QUALITY OF FOODS COOKED IN PREHEATED AND COLD-START OVENS

### OBJECTIVES

Measure and compare power consumed and resulting product quality when cooking a variety of foods in preheated versus cold-start ovens. Make recommendations on oven management practices for energy conservation.

### SUMMARY

Twenty-nine products baked in preheated (PH) and cold-start (CS) ovens were compared for energy consumption, cooking time, acceptability and specific eating qualities, cooking losses, percent moisture and various physical parameters. The products were baked from both start conditions in each of 2 electric ranges. The products prepared included a range of meat, fish, vegetable and dessert recipes at baking temperatures from 120 to 230°C.

CS cooking used significantly less energy than PH cooking for 25 of the 29 products. Energy savings for CS compared to PH products ranged from -3.4% to 18.9%. Energy used differed between the two ovens, but the effect of start temperature was consistent in both ovens.

The percent moisture in cooked products showed no consistent difference with either start temperature or ovens. Cooking loss showed no consistent difference due to start temperature, but differed between ovens.

Nine products showed no sensory quality differences between PH and CS conditions. The remaining 20 products had one or more sensory qualities affected by start condition. However, only butter tarts, fish fillets, pumpkin pie and tea biscuits were considered unsatisfactory when baked from CS. CS baking was more susceptible to differences in oven construction than PH baking.

## CONSOMMATION D'ÉNERGIE ET QUALITÉ DES ALIMENTS CUITS DANS DES FOURS AVEC ET SANS PRÉCHAUFFAGE

### OBJECTIFS

Mesurer et comparer l'énergie consommée et la qualité du produit obtenu par la cuisson de divers aliments dans des fours avec et sans chauffage préalable. Formuler des recommandations sur l'utilisation des fours dans un esprit de conservation de l'énergie.

### RÉSUMÉ

On a comparé la consommation énergétique, la durée de cuisson, l'acceptabilité et des qualités organoleptiques spécifiques, les pertes à la cuisson, le pourcentage d'humidité et divers paramètres physiques lors de la cuisson de 29 produits dans des fours avec (AP) et sans (SP) préchauffage. Les aliments ont été cuits, avec chacune des deux conditions de départ, dans deux cuisinières électriques. Les produits préparés comprenaient diverses recettes de viande, de poisson, de légumes et de desserts dont les températures de cuisson variaient de 120 à 230°C.

Avec SP, la cuisson réclamait bien moins d'énergie que dans l'autre cas pour 25 des 29 produits. L'économie d'énergie du mode SP par rapport au AP variait de -3,4% à 18,9%. La quantité d'énergie utilisée était différente dans les deux fours, mais l'effet de la température de départ était constant dans les deux.

Les pourcentages d'humidité dans les produits cuits n'affichaient aucune différence uniforme ni avec la température de départ ni avec le type de cuisinière. Les pertes à la cuisson ne montraient aucune différence constante lorsque la température de départ n'était pas la même, mais différaient avec le type de cuisinière.

La qualité organoleptique de 9 produits n'a pas varié selon qu'on employait AP ou SP. Pour les 20 autres produits, une ou plusieurs caractéristiques organoleptiques ont été modifiées par les conditions de départ. Toutefois, seuls les tartelettes au beurre, les filets de poisson, les tartes à la citrouille et les biscuits à thé ont été jugés insatisfaisants lorsqu'ils étaient cuits SP. L'effet du type de cuisinière est plus manifeste avec SP qu'avec AP.

CS baking and roasting can be an energy saving option for ovens that heat to a preset temperature from the bottom element only, and requires experimentation on the consumer's part with doneness judgment, oven rack position, type of bakeware and oven temperature. CS broiling needs care with optimum cooking time and oven rack position.

La cuisson et le rôtissage SP peuvent donner lieu à des économies d'énergie dans le cas des cuisinières qui se réchauffent uniquement par la résistance de base jusqu'à une température préréglée, et qui réclament du consommateur qu'il apprenne à juger du degré de cuisson, de la meilleure position de la grille du four, du bon type de récipient de cuisson et de la température du four. Pour le grillage SP, une attention particulière doit être accordée à la durée optimale de cuisson et à la position de la grille dans le four.

Overall recommendations to consumers cannot yet be made because of the inconsistencies in the start temperature conditions between the two ovens, due to differences in oven thermostats and/or construction which led to variation in endpoint doneness in some products.

Pour l'heure, il est impossible de formuler des recommandations au consommateur à cause de la variabilité des conditions de départ dan les deux cuisinières, de différences entre les thermostats et dans la conception des cuisinières qui ont conduit à des variations du degré de cuisson final de certains produits.

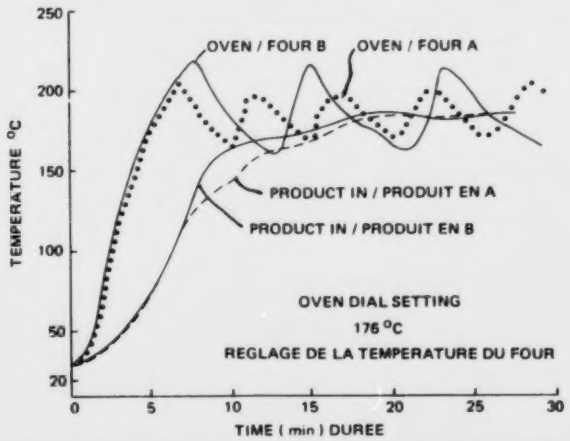
Further work is needed to define techniques to optimize product quality in CS cooking. This should involve the examination of reduced cooking times, reduced oven temperatures, different forms of bakeware and different oven rack positions, in ovens that heat to preset temperatures at different rates. Manufacturers should be urged to standardize oven heating procedures. Ovens should be designed to heat from the bottom element only and they should have thermostats which have a standard range of temperature fluctuations. This will provide energy efficiency and a basis for accurate CS cooking recommendations.

Il faut d'autres travaux pour trouver des techniques permettant d'optimaliser la qualité du produit obtenu par cuisson SP. Ils porteraient sur la réduction des durées de cuisson, la baisse des températures du four, l'utilisation de différents types de récipients de cuisson et de diverses positions de la grille du four, dans des fours qui se réchaufferaient jusqu'à une température prédéterminée à des vitesses différentes. Il faudrait demander instamment aux fabricants de normaliser les modes de chauffage des fours. Ces derniers devraient se réchauffer à l'aide de la résistance de base uniquement et être munis de thermostats ayant une gamme normalisée de variations de températures . Cela assurerait une consommation efficace de l'énergie et servirait de base à la formulation de recommandations précises sur la cuisson SP.

Associated Publication:

Publication de ce travail:

Allen-Spragge, V. 1983. Energy consumption and quality of foods cooked in pre-heated and cold-start ovens. Masters Thesis, Dept. of Foods and Nutrition, Univ. of Man.




Oven air temperatures and theoretical mean bulk temperatures for a ficticious product.
Température de l'air des fours et moyennes des températures théoriques dans la masse d'un produit fictif.

| | | |
|---|---|---|
| Contractor- | University of British Columbia, Vancouver, B.C. | -Entrepreneur |
| Project Leader- | K.V. Lo, Dept. of Bio-Resource Engineering | -Responsable du projet |
| Sci. Authority- | D.B. Cumming, Summerland Research Station | -Expert scientifique |
| Project File No.- | 01843-1-EP03 | -Numéro du projet |
| Secrial No.- | OSU81-00525 | -Numéro de série |
| Contract Cost- | $206,900 | -Coût du contrat |

## CONVENTIONAL STEAM RETORT VERSUS DIRECT FLAME STERILIZER FOR PROCESSING CANNED LOW-ACID FOODS

### OBJECTIVES

Study and compare energy use in two types of sterilization systems, - the commonly used steam-heated batch-type still retort and a flame-heated Steriflamme agitated continuous cooker, by setting up instrumented systems, doing an energy audit, studying thermal process lethality and evaluating the critical factors in flame sterilization.

### SUMMARY

Energy use by a 4-basket vertical steam retort and an 8-track Steriflamme flame sterilizer for processing mushrooms in 211 x 401 tinplate cans was studied. Laboratory units were instrumented to measure energy consumption and product quality indicators.

For the steam retort, an average of 590 MJ of steam energy was used to process each retort load. Energy use was 39.8% to heat the cans and contents, 19.9% steam loss through the vent line, 8.0% steam through the bleeders and at blowdown, 12.2% to heat the retort shell and baskets, 5.4% radiation and convection loss from the retort surface, and 14.8% condensate loss. These percentages varied with such factors as can size, process time, type of product and process target lethality.

The effect of process temperature on energy used by the steam retort was monitored by processing a ballast load of water-filled cans to a common lethality at processing temperatures of 115.6, 121.1, and 126.7°C. Process efficiency, taken as the proportion of total energy used to heat the cans and contents, was greatest at 126.7°C (46%) and lowest at 115.6°C (35%).

## AUTOCLAVE À VAPEUR TRADITIONNEL VERSUS STÉRILISATEUR À FLAMME DIRECTE POUR LE TRAITEMENT DES ALIMENTS À FAIBLE ACIDITÉ

### OBJECTIFS

Analyser et comparer la consommation d'énergie de deux méthodes de stérilisation (l'autoclave discontinu à vapeur très courant et un stérilisateur à flamme avec agitation, fonctionnant en continu de marque Stériflamme) en installant des instruments de monitorage, en effectuant une analyse énergétique, en étudiant la stérilité obtenue par traitement thermique et en évaluant les facteurs critiques de la stérilisation par la flamme.

### RÉSUMÉ

L'analyse a porté sur la consommation d'énergie d'un autoclave vertical à 4 paniers et d'un stérilisateur à flamme Stériflamme à 8 bandes pour le traitement de champignons dans une pièce de ferblanterie de 211 x 401. Des appareils de laboratoire ont été instrumentés afin de mesurer leur consommation d'énergie et les indicateurs de qualité du produit.

Pour l'autoclave, la vapeur utilisée représentait en moyenne 590 MJ par chargement. La consommation d'énergie se répartissait comme suit: 39,8% pour chauffer le boîtes et leur contenu, 19,9% dans la vapeur perdue par l'évent, 8,0% dans la vapeur évecuée par les purgeurs et lors des vidanges, 12,2% pour chauffer le corps et les paniers de l'autoclave, 5,4% en pertes par rayonnement et convexion à la surface de l'autoclave et 14,8% par perte de condensat. Ces pourcentages variaient selon des facteurs tels que le format des boîtes de conserve, le temps de traitement, le type de denrée et le niveau de détoxication visé.

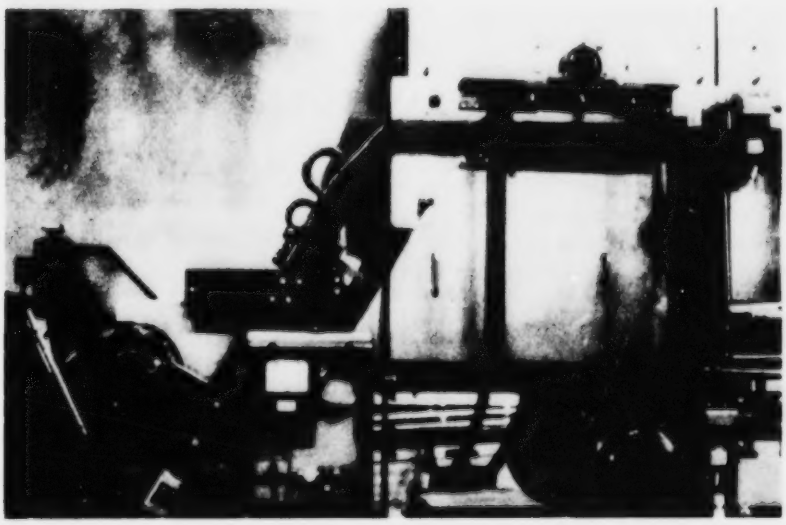
L'effet de la température de traitement sur la consommation d'énergie de l'autoclave a été mesuré par le traitement d'une charge d'essai constituée de boîtes emplies d'eau jusqu'au niveau de détoxication courant à des températures de 115,6, 121,1 et 126,7°C. Le rendement du procédé, exprimé en pourcentage de l'énergie consommée pour chauffer les boîtes et leur contenu, était à son plus haut à 126,7°C (46%) et à son plus bas à 115,6°C (35%).

Energy balances were conducted around the Steriflamme at track speeds of 10820 cans/h (slow) and 11580 cans/h (fast) for processes of commercial sterility. Little difference in the energy use profile was found between the track speeds. Natural gas energy flow rates to the burners exceeded 2000 MJ/h. Only 22-25% was used to heat the cans and contents while more than 70% was lost directly to the air. When empty, more than 85% of the input steam was lost directly to the air.

Total energy use by the Steriflamme was 26 to 29% to heat the cans and contents, 6% to heat the pushbars and chains, 35% lost to the air through the roof ducts, 27 to 30% lost to the air within the canning plant, and 3% lost as condensate from the steam chamber. Assuming a boiler efficiency of 80% and a throughput efficiency of 83% for the Steriflamme, the energy cost at the fast track speed was estimated to be 15 ¢/can compared to 10 ¢/can by processing in the steam retort. By eliminating waste steam from the steam chamber and increasing throughput efficiency to 92%, the energy cost of processing with the Steriflamme could be reduced to 11¢/can which is similar to that of the steam retort.

Des bilans énergétiques du stérilisateur Stériflamme ont été établis pour les débits de bande transporteuse de 10820 boîtes/h (faible vitesse) et de 11580 boîtes/h (haute vitesse) pour un traitement de stérilité commerciale. Le bilan de consommation est à peu près le même pour les deux débits. L'apport de gaz naturel aux brûleurs représentait plus de 2000 MJ/h. Seulement 22 à 25% de cette énergie servait à chauffer les boîtes et leur contenu alors que plus de 70% de l'énergie était perdue directement dans l'air. Lorsque l'appareil était vide, plus de 85% de la vapeur fournie était directement perdue dans l'air.

L'énergie consommée par le Stériflamme se répartissait comme suit: 26 à 29% pour chauffer les boîtes et leur contenu, 6% pour chauffer les chaînes et barres d'entraînement, 35% perdue dans l'air par les conduits de toit, 27 à 30% perdue dans l'air de la conserverie et 3% perdue dans le condensat de la chambre à vapeur. En supposant un rendement de chaudière de 80% et un rendement de 83% pour le stérilisateur Stériflamme, les coûts d'énergie à la vitesse d'avance rapide étaient évalués à 15¢/boîte en comparison de 10¢/boîte pour la stérisilation à l'autoclave. En éliminant la perte de vapeur par le chambre à vapeur et en augmentant le rendement à 92%, le coût de traitement avec l'appareil Stériflamme pourrait être réduit à 11¢/boîte, ce qui est proche de la valeur obtenue pour l'autoclave.



Steriflamme steam preheat chamber.
Chambre de réchauffage à vapeur du stérilisateur Stériflamme.

| | | |
|---|---|---|
| Contrator- | Buchan, Lawton, Parent Ltd., Ottawa, Ont. | -Entrepreneur |
| Project Leader- | M. Lawton | -Responsable du projet |
| Sci. Authority- | D. LeBlanc, Eng. & Stat. Res. Inst. | -Expert scientifique |
| Project File No. | 01843-1-EP05 | -Numéro du projet |
| Serial No.- | OSZ81-00144 | -Numéro de série |
| Contract Cost- | $81,400 | -Coût du contrat |

## EVALUATION OF RETROFIT ENERGY CONSERVATION DEVICES FOR FOOD RETAILING OUTLETS

### OBJECTIVES

To determine the energy savings and economic viability of using various retrofit devices available for open multi-deck freezer cases in food retail stores, by carrying out a field test program and computer simulation.

### SUMMARY

The three types of retrofittable energy saving devices examined were glass doors, strip curtains and night covers.

A computer simulation was developed to predict the energy consumption patterns of open multi-deck freezer cases under various store conditions and to determine the potential energy saving obtainable with the retrofittable energy saving devices. A monitoring program was implemented to measure the energy consumption of representative cases in a real store environment (medium sized supermarket, monitored from Oct/82 to July/83) before and after installation of these devices. Finally, the simulation program was used to extend the results of the monitoring program for a variety of in-store situations, and to account for different types of equipment.

The installation of glass doors resulted in total direct energy savings of about 39% or 6840 kWh per year per metre of case length. The largest part of this was gained by the reduction in compressor power required.

Results with the strip curtains were somewhat disappointing. The direct energy saving was estimated at 4% or 820 kWh/a.m. The refrigeration case used for the strip curtains had some problems with its defrost system so the savings may have been somewhat

## ÉVALUATION DE DISPOSITIFS DE RÉFECTION POUR L'ÉCONOMIE D'ÉNERGIE DANS LES POINTS DE VENTE D'ALIMENTS AU DÉTAIL

### OBJECTIFS

Déterminer les économies d'énergie et la viabilité économique de l'utilisation de divers dispositifs de réfection disponibles pour les présentoirs frigorifiques ouverts, à étages multiples, dans les magasins d'alimentation au détail, en réalisant un programme d'essais sur le terrain et en procédant à une simulation par ordinateur.

### RÉSUMÉ

On a examiné trois types de dispositifs de réfection pour l'économie d'énergie: des portes vitrées, des rideaux à lanières et des couvercles de nuit.

Une similation par ordinateur a été mise au point pour prédire les courbes suivies par la consommation d'énergie des présentoirs frigorifiques ouverts, à plusiers étages, dans diverses situations dans les magasins, et pour déterminer les économies d'énergie potentiellement réalisables à l'aide de dispositifs de réfection. Un programme de contrôle a été mis en place pour mesurer la consommation d'énergie des présentoirs témoins dans l'environnement réel d'un magasin (un supermarché de taille moyenne, contrôlé d'octobre 1982 à juillet 1983), avant et après l'installation de ces dispositifs. Finalement, le programme de simulation a été utilisé pour étendre les résultats du programme de contrôle à diverses situations en magasin et pour prendre en considération différents types d'équipements.

L'installation de portes vitrées a directement permis une économie totale d'énergie d'environ 39% ou 6840 kWh par an par mètre de longueur de présentoir. La majeure partie de cette économie provenait de la réduction de l'énergie requise par le compresseur.

Les résultats obtenus avec les rideaux à lanières ont été plutôt décevants. L'économie directe d'énergie a été évaluée à 4% ou 820 kWh/a.m. Il y avait quelques problèmes dans le système de dégivrage de la chambre froide utilisée pour les rideaux à lanières, ce qui laisse à penser que les économies auraient pu être

higher, but likely not over 5 or 6%.

The energy savings found with the night covers were about 7% or 1185 kWh/a.m. This was significantly better performance than the strip curtains, considering that the night covers are used for only a portion of the day.

The computer simulation develop d for this project was found to predict the energy usage of open multi-deck freezer cases with a good level of accuracy.

In the particular store being monitored, with the actual costs of the conversions and the associated savings, reasonable payback periods were obtained if one assumes a credit for store heating energy savings. The payback periods obtained were 5.1 years for doors, 2.9 years for strip curtains and 2.1 years for night covers. These payback periods are conservative because of the high costs of converting a small number of units.

No discernable difference in sales volume of products from the freezer cases were found by the store owner when the retrofit devices were installed.

légèrement plus grandes, mais elles n'auraient probablement pas dépassé les 5 ou 6%.

Les économies d'énergie obtenues avec les couvercles de nuit étaient d'environ 7% ou 1 185 kWh/a.m. Ceci représente un rendement sensiblement meilleur que celui des rideaux à lanières, si l'on tient compte du fait que les couvercles de nuit ne sont utilisés que durant une portion de la journée.

La simulation par ordinateur mise au point pour ce projet s'est avérée capable d'une assez grande précision dans la prévision de la consommation d'énergie des présentoirs frigorifiques ouverts et à plusieurs étages.

Dans le magasin qui a été contrôlé, à partir des coûts de conversion et des économies correspondantes, des périodes raisonnables de rentabilisation ont été obtenues, si l'on prend en considération la disponibilité du crédit pour les économies d'énergie thermique dans les magasins. Les périodes de rentabilisation obtenues étaient de 5,1 années pour les portes vitrées, de 2,9 années pour les rideaux à lanières et de 2,1 années pour les couvercles de nuit. Ces périodes de rentabilisation sont des estimations prudentes, si l'on tient compte du coût élevé de la conversion d'un petit nombre d'unités.

Le propriétaire du magasin n'a pas observé de différence dans le volume de vente des produits se trouvant dans les présentoirs frigorifiques.

Open multi-deck freezer case with retrofit glass doors
Présentoir frigorifique ouvert, à plusieurs étages, avec portes vitrées de réfection.

| | | |
|---|---|---|
| Contractor- | Diet Care Ltd., Toronto, Ont. | -Entrepreneur |
| Project Leader- | Pierre de Serres | -Responsable du projet |
| Sci. Authority- | D. LeBlanc, Eng. & Stat. Res. Inst. | -Expert scientifique |
| Project File No.- | 01843-1-EP06 | -Numéro du projet |
| Serial No.- | OSZ81-00145 | -Numéro de série |
| Contract Cost- | $46,100 | -Coût du contrat |

## LOW TEMPERATURE MEAT COOKERY FOR THE HOME MARKET

### OBJECTIVES

To develop a low-temperature meat cooker with a precise temperature controller, of appropriate size for the home market. To study the safety of cookery at low temperatures (58°C to 100°C) and to develop the cooking method including suitable coatings for meats.

### SUMMARY

This low-temperature cooking method is based on immersion cooking principles using a water bath with temperature control and disposable cooking bags. Meat is coated, placed in a plastic bag and covered with water in the cooker. The temperature control is set between 60°C and 95°C depending on the cut of meat and the degree of cooking required. The meat is heated only to the desired temperature, thus it can be left in the cooker for many hours without overcooking, and cooking is uniform.

The cooker was developed from commercial components. It is similar in exterior appearance to a slow cooker but it has a heating element braised to its base and contains a more precise thermostat. The water is heated with a 30 W element which cycles on approximately one minute in four. The high density polyethylene bags chosen were hot and cold tolerant, leak proof, puncture proof and not too expensive.

Since the temperatures used are much lower than conventional cooking methods, microbiological studies were undertaken to determine the effect of extended cooking time on 5 microorganisms of concern. The results indicated that low temperature meat cookery meets normal health standards, and also that the thermostat must not allow the temperature to be below 60°C.

## UNE MIJOTEUSE À VIANDE À BASSE TEMPÉRATURE POUR LE MARCHÉ DE L'ÉLECTROMÉNAGER

### OBJECTIFS

Développer une mijoteuse à viande à basse température munie d'un contrôle précis de la température et dont les dimensions conviennent au marché de l'électroménager. Étudier la sécurité de la cuisson à basse température (de 58°C à 100°C) et développer la technique de cuisson, incluant l'enrobage convenable des viandes.

### RÉSUMÉ

Cette technique de cuisson à basse température est basée sur des principes de cuisson par immersion, utilisant un bain d'eau avec contrôle de température et des sacs de cuisson jetables. La viande est enrobée, placée dans un sac en plastique et recouverte d'eau dans la mijoteuse. Le contrôle de la température est fixé entre 60°C et 95°C selon le morceau de viande et le degré de cuisson requis. La viande n'est chauffée qu'à la température désirée et peut ainsi être laissée dans la mijoteuse pendant plusieurs heures sans trop cuire, la cuisson restant uniforme.

La mijoteuse a été développée à partir d'éléments se trouvant dans le commerce. Son aspect extérieur ressemble à celui des mijoteuses à feu continu, mais elle contient un thermostat plus précis et un élément chauffant est fixé à sa base. L'eau est chauffée à l'aide d'un élément de 30 W fonctionnant environ une minute sur quatre. On a choisi des sacs en polyéthylène haute densité tolérant le froid et la chaleur, étanches, increvables et bon marché.

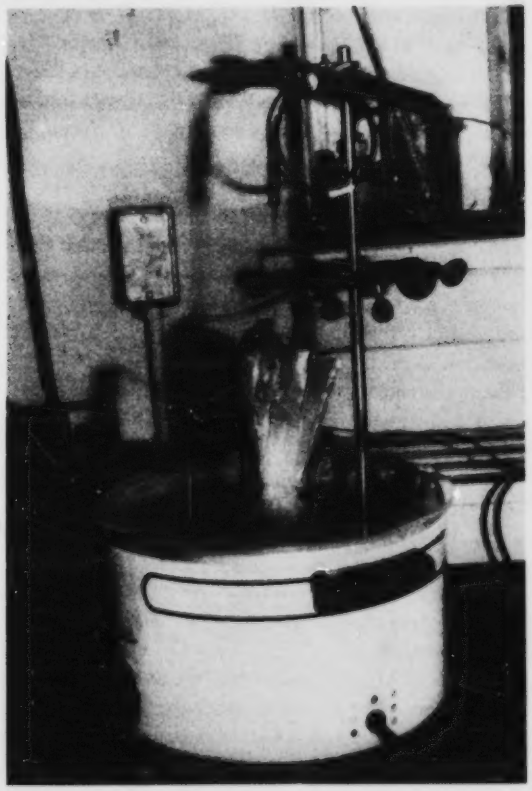
Les températures utilisées étant beaucoup plus basses que dans les méthodes de cuisson conventionnelles, des études microbiologiques ont été effectuées pour déterminer l'effet du temps de cuisson prolongée sur 5 micro organismes qui pouraient présenter un certain risque. Les résultats ont indiqué que la cuisson de la viande à basse température est conforme aux normes de santé généralement reconnues, et aussi que le thermostat doit empêcher la température de descendre au-dessous de 60°C.

Cooking parameters for various cuts of meat were studied. The cooking process depends on precise control of temperature within the food. Meat coatings were developed, one for dark meat and one for light meat, along with ten recipes.

The low-temperature meat cooker was more energy efficient, convenient and could produce better quality meat than conventional cooking methods. The insulating value of the air space in the cooker jacket as well as the lower temperature used, considerably reduces the electrical energy required. For example, a 2 kg rib roast would require 1.68 kWh energy and 1 3/4 hours cook time in an oven while only 0.03 kWh energy a 4 hours cooking time at 60°C in the low temperature cooker. The development is being manufactured for sale.

On a étudié les paramètres de cuisson pour divers morceaux de viande. Le processus de cuisson dépend du contrôle précis de la température à l'intérieur de l'aliment. Des enrobages pour viande ont été mis au point, l'un pour la chair foncée et l'autre pour la chair pâle, et dix recettes ont été élaborées.

Comparée aux méthodes de cuisson conventionnelles, la mijoteuse à viande à basse température a un meilleur rendement énergétique, elle est plus commode et peut fournir une meilleure qualité. Le pouvoir isolant de la couche d'air dans la chemise de la mijoteuse, ainsi que la température plus basse utilisée, réduisent considérablement l'énergie électrique requise. Par exemple, une côte de boeuf de 2 kg, qui nécessiterait 1,68 kWh d'énergie et 1 heure 3/4 de temps de cuisson dans un four, ne prendrait plus que 0,03 kWh d'énergie en un temps de cuisson de 4 heures, à 60°C, dans une mijoteuse à basse température. La mijoteuse qui a été mise au point est en train d'être fabriquée pour être mise en vente.



Low-temperature meat cooker undergoing development tests.
La mijoteuse à viande à basse température est mise à l'essai pendant la mise au point.

| | | |
|---|---|---|
| Contractor- | Canadian Canners Ltd., Burlington, Ont. | -Entrepreneur |
| Project Leader- | W.J. Donders, Research Center | -Responsable du projet |
| Sci. Authority | D. LeBlanc, Eng. & Stat. Res. Inst. | -Expert scientifique |
| Project File No.- | 01843-1-EP07 | -Numéro du projet |
| Serial No.- | OSZ82-00016 | -Numéro de série |
| Contract Cost- | $112,100 | -Coût du contrat |

## EVALUATION OF A LOW-ENERGY MECHANICAL TOMATO PEELING SYSTEM

### OBJECTIVES

To test a new, low-energy mechanical system (Savi Antonio, Magnuson Eng. Inc, CA) for peeling tomatoes to determine its suitability for tomato varieties grown in Canada. To compare the energy requirements, both direct and indirect, of the mechanical system, with other peeling systems such as caustic, atmospheric steam and high pressure steam.

### SUMMARY

The mechanical system was installed in parallel with existing systems in a processing plant. For the mechanical system, tomatoes were immersed in hot water, discharged under cold water sprays to loosen the skin and separated into six lanes on the machine where a knife slits the skin and grippers squeeze the tomato through the slit. The existing systems were an atmospheric steam scalder followed by cold water sprays to prepare the tomatoes for hand peeling, and a FMC Caustic Applicator and Peel Remover. The fourth system was an experimental high-pressure steam peeling line (Junior Flash Peeler, Paul Kunz & Co., West Germany) based on a rotating pressure vessel followed by rotating knives, rubber discs and rollers as a skin removal sequence.

Two types of tests were conducted during the 1981 and 1982 canning seasons to evaluate the peeling systems: "Load Tests" to determine the "Tomato Material Balance" or tomato peeling efficiency; and "Shift Tests" to monitor direct energy requirement. Indirect energy requirements (i.e. to grow, harvest and deliver tomatoes, to manufacture peeling chemicals, and to dispose of process waste) of each peeling system were calculated.

All three automated systems produced the given quantity of finished goods with a

## ÉVALUATION D'UN SYSTÈME MÉCANIQUE D'ÉPLUCHAGE DE TOMATES, CONSOMMANT PEU D'ÉNERGIE

### OBJECTIFS

Mettre à l'essai un nouveau système mécanique d'épluchage de tomates, consommant peu d'énergie (Savi Antonio, Magnuson Eng. Inc., CA), pour déterminer s'il convient aux variétés de tomates cultivées au Canada. Comparer les exigences énergétiques directes et indirectes du système mécanique à celles des autres systèmes d'épluchage telles les vapeurs caustiques, sous pression atmosphérique et sous haute pression.

### RÉSUMÉ

Le système mécanique a été installé en parallèle avec des systèmes existants dans une installation de traitement. Pour le système mécanique, les tomates sont plongées dans l'eau chaude, déchargées sous arrosage d'eau froide pour détendre la peau puis séparées en six files sur la machine où un couteau fend la peau et des pinces pressent la tomate hors de la peau à travers cette fente. Les systèmes existants étaient: un échaudoir à vapeur sous pression atmosphérique, suivi d'arrosages d'eau froide pour préparer les tomates à l'épluchage manuel; un éplucheur chimique FMC; le quatrième système était une chaîne expérimentale d'épluchage à la vapeur sous haute pression (Eplucheur-éclair Junior, Paul Kunz & Co., Allemagne de l'Ouest) comportant, comme séquence d'épluchage, une cuve sous pression, suivie de couteaux rotatifs et de disques et rouleaux en caoutchouc.

Il a été procédé à deux types d'essais pendant les saisons de mise en conserves de 1981 et 1982 pour évaluer les systèmes d'épluchage: des "Essais en charge" pour déterminer le "Bilan-matières des tomates" ou le rendement de l'épluchage des tomates; et des "Essais de variabilité" pour contrôler les besoins directs en énergie. On a calculé, pour chaque système d'épluchage, les besoins indirects en énergie (par exemple pour cultiver, récolter et livrer les tomates, pour fabriquer des produits chimiques d'épluchage, et pour se débarrasser des résidus du traitement).

Les trois systèmes automatisés ont produit la quantité donnée de produits finis en exigeant, dans l'ensemble,

lower overall energy requirement than atmospheric steam. The mechanical peeling system was the most energy efficient (36% decrease). Although its direct energy requirements for peeling were greater than those of its nearest rival, the caustic system, this was more than offset by the greater overall recovery of raw product.

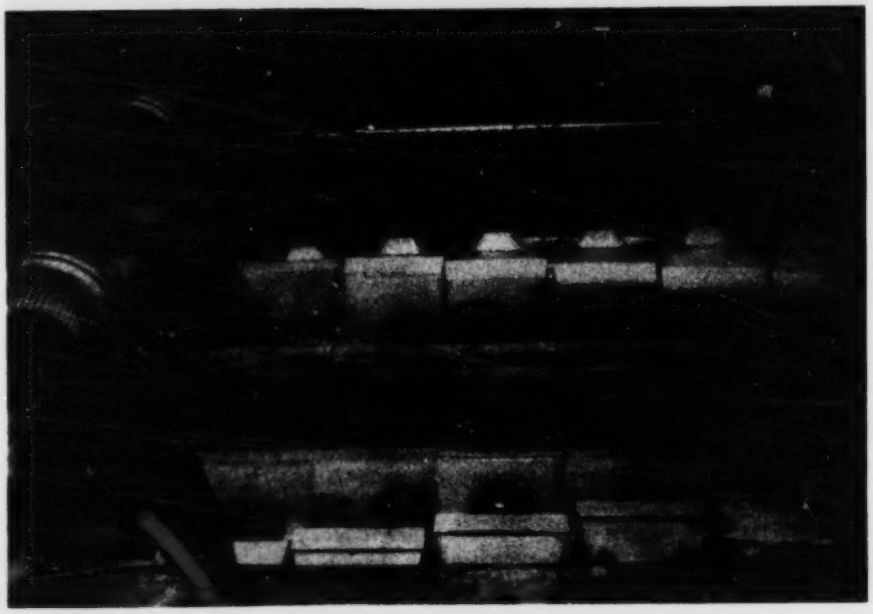
moins d'énergie que le système à vapeur sous pression atmosphérique. Le système d'épluchage mécanique offrait le meilleur rendement énergétique (diminution de 36%). Bien que ses besoins directs en énergie aient été, pour l'épluchage, plus grands que ceux du système rival le plus proche, le système chimique, ceci a été plus que compensé par le fait que, dans l'ensemble, la récupération de produits bruts a été plus grande.

The high-pressure steam system was somewhat more energy efficient (10% decrease) than the atmospheric steam system. However, this energy advantage was only obtainable with a decreased amount of cannable whole peeled tomatoes and a greater recovery of pulp. This system would thus only be suitable for use where the amount of product packed as whole peeled tomatoes was low compared to the amount packed from pulp.

Le système à vapeur sous haute pression avait un rendement énergétique un peu plus élevé (10% de diminution) que le système à vapeur sous pression atmosphérique. Cependant, cet avantage énergétique n'a pu être obtenu qu'avec une quantité diminuée de tomates entières épluchées aptes à la mise en conserves et avec une plus grande récupération de pulpe. L'utilisation de ce système ne conviendrait donc que lorsque la quantité de produits emballés comme tomates entières épluchées est basse par comparaison avec la quantité de produits emballés à l'état de pulpe.

Although the caustic system had the lowest direct energy requirements of the four systems, it required more raw product to produce an equivalent amount of finished goods. The net energy savings (31%) were thereby dissipated to some degree.

Bien que, des quatre systèmes, le système chimique ait requis le moins d'énergie directe, il a exigé plus de matière brute pour fournir une quantité équivalente de produits finis. En conséquence, les économies nettes d'énergie (31%) ont été, dans une certaine mesure, perdues.



Mechanical tomato peeler, showing slitting knives (left) and grippers squeezing tomatoes out of the skins.
Eplucheuse mécanique de tomates, montrant les couteaux fendeurs (à gauche) et les pinces pressant les tomates hors des peaux.

| | | |
|---|---|---|
| Contractor- | Le Groupe-conseil LNR, Sherbrooke, Québec | -Entrepreneur |
| Project Leader- | J. Thibeault, ing. | -Responsable du projet |
| Sci. Authority- | B. Gagnon, Dir. Gén., Production et inspection des aliments | -Expert scientifique |
| Project File No.- | 01916-3-EP20 | -Numéro du projet |
| Serial No.- | OSZ83-00090 | -Numéro de série |
| Contract Cost- | 93 500 $ | -Coût du contrat |

## HEAT RECOVERY FROM SPRAY DRYERS

### OBJECTIVES

To recover a portion of the heat available in the warm air escaping from spray dryers used in the production of powdered milk, using a glass tube heat exhanger, and a heat pipe exchanger. To capture a portion of the milk particles entrained in the contaminated air entering the heat exchanger and to measure particle deposition rate and their effects on system output.

### SUMMARY

The production of powdered milk is a high energy consuming operation for a large number of milk product manufacturing plants. The two main steps in this process are product concentration at the evaporators followed by final drying at the dryer.

One method of improving the spray dryer energy efficiency is to recover energy from the warm output air from the dryer. Such energy recovery is accomplished by adding a heat exchanger allowing preheating of the dryer entry air.

Two systems of energy recovery were tested in a plant: a heat pipe heat exchanger (Thermogain, Cascade Métal) that was connected to a centrifugal wet scrubber, and a glass tube exchanger (Corning et Sofame) without preliminary air treatment. The main factors analysed were rapid fouling tendancy, ease of cleaning and thermal efficiencies obtained. In total, approximately 350 h of testing were accomplished for periods varying from 4 to 24 h.

The results obtained with the heat pipe exchanger connected to the centrifugal wet scrubber prevent recommending such an

## RÉCUPÉRATION DE CHALEUR DES SÉCHEURS À PULVÉRISATION

### OBJECTIFS

Récupérer une partie de la chaleur disponible dans l'air chaud s'échappant des sécheurs à pulvérisation servant à la fabrication du lait en poudre, utilisant un échangeur à tubes de verre et un échangeur caloduc. Capturer une partie des particules de lait entraînées dans l'air vicié qui entre dans l'échangeur et mesurer le taux de dépôt des particules et ses effets sur le rendement des systèmes.

### RÉSUMÉ

Le procédé de fabrication de la poudre de lait constitue une opération des plus énergivore pour un grand nombre d'usines de transformation de produits laitiers. Les deux principales étapes de ce procédé sont la concentration du produit au niveau des évaporateurs suivie de l'assèchement final au niveau du séchoir.

Une façon d'améliorer le rendement énergétique d'un séchoir à pulvérisation consiste à effectuer la récupération d'énergie sur le débit d'air chaud évacué du séchoir. Cette récupération d'énergie est effectuée par l'ajout d'échangeur de chaleur permettant de préchauffer l'air d'admission au séchoir.

Deux systèmes de récupération d'énergie furent testés dans une usine: un échangeur de chaleur caloduc (Thermogain, Cascade Métal) qui était connecté à un laveur d'air à action centrifuge, et un échangeur à tubes de verre (Corning et Sofame) sans système préalable de traitement d'air. Les principaux paramètres analysés ont été la tendance à un encrassement rapide, la facilité de nettoyage et les efficacités thermiques obtenues. Au total environ 350 h de tests furent effectuées sur des périodes variant de 4 à 24 h.

Les résultats obtenus avec l'échangeur caloduc connecté au laveur d'air à action centrifuge ne permettent pas de recommander ce type d'échangeur pour

application. Even though warm, contaminated air was treated in a wet scrubber to reduce the load of milk particles in the air, the heat pipe exchanger tended to foul very quickly as well as subsequently presenting washing problems. These fouling problems lead to pronounced reductions in efficiency, reducing all the more the attractiveness of such a system. Another weakness of the heat pipe exchanger resides in its inability to be used without a filtration system or air wash on the warm, contaminated exit air of a spray dryer.

application. Même si l'air chaud vicié était traité dans le laveur d'air afin d'en réduire la charge en particules de lait, le système caloduc a présenté des tendances très rapides à l'encrassement de même que des problèmes de lavage subséquents. Ces problèmes d'encrassement ont mené à des chutes d'efficacité très prononcées, réduisant d'autant plus l'attractivité d'un tel système. Une autre faiblesse de l'échangeur caloduc demeure l'impossibilité de l'utiliser sans système de filtration ou lavage d'air sur un évacuation d'air chaud vicié d'un séchoir à pulvérisation.

The results obtained with the glass tube exchanger proved to be more positive. This exchanger was tested without having a preliminary wet scrubber. Nevertheless, its tendancy to foul was much less severe than for the heat pipe. This characteristic lead to efficiency reductions much less pronounced as well as to a more acceptable ease of cleaning after periods of operation of 18 h. Some recommendations were made concerning an adequate washing cycle for this type of exchanger.

Les résultats obtenus avec l'échangeur à tubes de verre se sont avérés plus positifs. Cet échangeur a été testé sans qu'il y ait eu un lavage d'air préalable. Néanmoins, la tendance à l'encrassement s'est montrée beaucoup moins sévère que pour le caloduc. Cette particularité a mené à des chutes d'efficacité beaucoup moins prononcées ainsi qu'à une facilité de nettoyage plus acceptable après des périodes d'opération de 18 h. Des recommendations sont faites en ce qui concerne un cycle de lavage adéquat pour ce type d'échangeur.

Associated Publication:

Publication de ce travail:

Chenail, S., Gagnon, B. 1985. Récupération de l'énergie de l'air chaud évacué d'un séchoir à lait à pulvérisation. Soc. Can. Génie Rural (SCGR) Réunion Annuelle, article N°. 85-509 (juin).

General arrangement of the test set-up with heat pipe heat exchanger (left) and glass tube exchanger (right).
Arrangement général du banc d'essai avec échangeur de chaleur caloduc (gauche) et à tubes de verre (droit).

| | | |
|---|---|---|
| Contractor- | Pocatec Limitée, La Pocatière, Qué. | -Entrepreneur |
| Project Leader- | F. Landry | -Responsable du projet |
| Sci. Authority- | R. Thériault, Station de Recherches, Saint-Jean | -Expert scientifique |
| Project File No.- | 01756-0-230 (UP-P-91) | -Numéro du projet |
| Serial No.- | 1SD80-00110 | -Numéro de série |
| Contract Cost- | 74 600 $ | -Coût du contrat |

(Contrat adjugé à la suite d'une proposition spontanée.)
(Contrat awarded as a result of an unsolicited proposal.)

## SOLAR DRYER FOR THE TREATMENT OF HORTICULTURAL PEAT

### OBJECTIVES

Analyse the main factors affecting the drying of horticultural peat. Design and construct a pilot-scale, prototype solar dryer; verify its electro-mechanical operation, perform tests and put in running order; collect data and analyse the results, extrapolating the data to an industrial system.


### SUMMARY

The different artificial drying trials with peat did not show financial profitability. The cost of the energy required (electricity, gasoline, natural gas) is too great because of the large quantity of water to be evaporated. As well, the combustion of dried peat consumed a large portion of the peat produced, - 100% if the peat contained 86% or more water.

Two possible solar dryer structures were retained, a Brace type structure and one of rounded form. For the Brace structure (oriented east-west), the maximum energy gains were attained around noon. For efficient function, that is to make maximum use of this energy, the dryer must be able to operate at a variable rate, with the maximum capacity around noon. For the rounded structure situated north-south, the capacity can be constant between 8:00 and 16:00 h, the amount of energy received during this period being relatively constant. This aspect will not be considered unless the drying rate is strongly influenced by the solar energy contribution.


## SÉCHOIR SOLAIRE POUR LE TRAITEMENT DE LA TOURBE HORTICOLE

### OBJECTIFS

Analyser les principaux facteurs influençant le séchage de la tourbe horticole. Faire le design et construire un prototype à l'échelle pilote d'un séchoir solaire; assurer le fonctionnement électro-mécanique, en faire l'expérimentation et la mise au point; compiler les données et analyser les résultats en extrapolant les données à un système industriel.


### RÉSUMÉ

Les diverses tentatives de séchage de la tourbe par des moyens artificiels n'ont pas démontré une rentabilité financière. Le coût de l'énergie nécessaire (électricité, pétrole, gaz naturel) est beaucoup trop important à cause de la grande quantité d'eau à évaporer. Même la combustion de la tourbe séchée consomme une forte proportion de la tourbe produite, - de 100% si la tourbe a une quantité d'eau au départ de 86% ou plus.

Deux types possibles de structure pour le séchoir solaire ont été retenus, soient une structure de type Brace et une structure de forme arrondie. Pour la structure de type Brace (orientée est-ouest), les gains énergétiques maximum sont atteints aux environs de midi. Pour fonctionner efficacement, c'est à dire pour profiter au maximum de cet apport énergétique, le séchoir devrait pouvoir opérer à débit variable; ce dernier serait donc maximum vers midi. Dans le cas de la forme arrondie orienté nord-sud, le débit pourrait être constant entre 8 et 16 heures, les quantités d'énergie reçues durant cette période étant relativement constantes. Cet aspect ne sera pris en considération que si le taux de séchage est fortement influencé par l'apport énergétique solaire.

To test a solar drier with forced ventilation for peat, a Brace type greenhouse with a collector area of 130 $m^2$ was used. The moist peat enters at one end of the greenhouse and is deposited in a uniform layer by a manure spreader. Air, more or less reheated by the collector and thus dried, is blown by a large fan. The air passes through the bed of peat and essentially reaches saturation. In this way, about 33 bags of 50 kg of peat at 60% can be dried each day from peat at 75% water.

It proved necessary to use a large output of air, in order to utilize the maximum available total solar power. The solar power has significant peaks, however its average value is considerably less than the energy in the ventilation air (without any solar heating). Thus, from an economics viewpoint, it is preferable to optimize the forced ventiation only. The energy balance for such an action is excellent because, for each kW of electrical energy for the fan, 10 to 50 kW of drying results depending on temperature and moisture content conditions and fan capacity.

Peat drying at a commercial scale could be done using fans to blow unheated air through a bed of peat supported by a grate. It does not pay to preheat the drying air by means of a collector or a solar greenhouse.

Dans le but d'expérimenter un séchoir solaire de tourbe avec ventilation forcée, on a utilisé une serre de type Brace dont le capteur a une superficie de 130 $m^2$. La tourbe humide entre à une extrémité de la serre et est déposée par un épandeur en une couche uniforme. L'air, plus ou moins réchauffé par le capteur et par conséquent asséché, est propulsé par un gros ventilateur. Cet air traverse le lit de tourbe en se saturant pratiquement d'humidité. On peut ainsi sécher chaque jour environ 33 sacs de 50 kg de tourbe à 60% à partir de tourbe à 75% d'eau.

Il s'est avéré nécessaire d'utiliser un grand débit d'air, ne serait-ce que pour utiliser totalement la puissance solaire maximum disponible. La puissance solaire a des pointes importantes, mais cependant sa valeur moyenne est très largement inférieure à l'énergie de ventilation tirée de l'air seul (sans chauffage solaire). Donc, d'un point de vue économique, il est préférable d'optimiser la seule ventilation forcée. Le bilan énergétique d'un tel procédé est excellent puisque, pour chaque kW d'énergie électrique du ventilateur, on produit de 10 à 50 kW de séchage suivant les conditions de température et d'humidité et du rendement du ventilateur.

Le séchage de la tourbe à l'échelle commerciale pourrait être fait en utilisant des ventilateurs soufflant de l'air non-chauffé à travers un lit de tourbe supporté par un grillage. Il n'est pas rentable de prechauffer l'air de séchage au moyen d'un capteur ou d'une serre solaire.

Vue avant et arrière du sechoir à tourbe.
Front and rear views of the peat dryer.

| | | |
|---|---|---|
| Contractor- | Ralph G. Winfield & Assoc., Glanworth, Ont. | -Entrepreneur |
| Project Leader- | R.G. Winfield, P.Eng. | -Responsable du projet |
| Sci. Authority- | J.A. Munroe, Eng. & Stat. Res. Inst. | -Expert scientifique |
| Project File No.- | 01843-8-1810 | -Numéro du projet |
| Serial No.- | OSZ78-00101 | -Numéro de série |
| Contract Cost- | $93,200 | -Coût du contrat |

## SOLAR COLLECTORS AND STORAGE FOR ANIMAL HOUSING AND GRAIN DRYING

### OBJECTIVES

To design, construct, and evaluate a solar collector incorporated into an existing implement shed and used for preheating air for high-temperature grain drying. To design, construct, monitor and evaluate two types of solar collector/storage walls (based on previous work, contract 7-0755; ESRI report I-117) for heating ventilation air of livestock buildings.

### SUMMARY

A 3-year field test was carried out to measure potential benefits of using an existing facility as a low performance solar collector to assist high-temperature grain corn drying. First, a 12.2 x 30.5 x 4.3 m aged galvanized steel implement shed was fitted with an air duct at the ridge and connecting to an automatic batch drier. During October (1978), 86 batches of corn were dried. On sunny days, air temperature was boosted about 5°C. The south wall provided most of the heat. Fuel efficiency improvement was calculated as 10%, providing a payback period of about 3 years for the ducting materials. During the next two years, plywood sheets were added to draw most of the air from the south wall, but poor weather with hours of bright sunshine below normal precluded adequate evaluation. It was concluded that no capital investment for such solar collector applications would be cost effective.

The two solar collector/storage walls were incorporated into two swine farrowing units in southwestern Ontario. In one case, the 44.6 $m^2$ unit was the complete south wall of the building. In the second case, the unit formed the end wall of a passageway as part of the barn. Data was collected during two winters.

## CAPTEURS ET STOCKAGE SOLAIRES POUR LE LOGEMENT DES ANIMAUX ET LE SÉCHAGE DU GRAIN

### OBJECTIFS

Concevoir, construire et évaluer un capteur solaire intégré à une hangar d'instruments aratoires et utilisé pour préchauffer de l'air à des fins de séchage du grain à haute température. Concevoir, construire, surveiller et évaluer deux types de capteurs solaires/murs de stockage (d'après un travail antérieur, contrat n° 7-0755; rapport I-117 de l'I.R.T.S.) pour chauffer l'air de ventilation de bâtiments à bestiaux.

### RÉSUMÉ

Un essai de trois ans sur le terrain a été effectué pour mesurer les avantages potentiels de l'utilisation d'une installation existante comme capteur solaire basse performance pour aider au séchage à haute température du maïs grain. D'abord, un hangar en acier galvanisé à instruments aratoires de 12,2 x 30,5 x 4,3 m a été équipé d'un conduit d'air au faîte et raccordé à un séchoir discontinu automatique. En octobre (1978), 86 lots de maïs ont été séchés. Par temps ensoleillé, un dispositif permettait de relever la température de l'air d'environ 5°C. Le mur situé au sud fournissait la plus grande partie de la chaleur. L'amélioration d'efficience du combustible a été calculée à 10% pour un délai de récupération d'environ 3 ans sur les matériaux de canalisation. Au cours des deux années suivantes, des feuilles de contre-plaqué ont été ajoutées pour extraire la majeure partie de l'air du mur sud, mais le mauvais temps caractérisé par des périodes d'ensoleillement inférieures à la normale a empêché une évaluation valable. On a conclu qu'aucun capital investi dans les applications d'un pareil capteur ne serait rentable.

Les deux capteurs solaires/murs de stockage ont été intégrés à deux porcheries de mise bas dans le sud-ouest de l'Ontario. Dans un cas, l'élément de 44,6 $m^2$ comprenait tout le mur sud du bâtiment. Dans le second cas, l'élément formait le mur d'extrémité d'un couloir faisant partie de la porcherie. Les données ont été recueillies pendant deux hivers.

The integral, vertical solar collector/storage wall was considered to be an economically viable alternative for preheating winter ventilation air for heat-deficient, continuously ventilated animal housing units in most Canadian geographic locations. The capital cost should be recovered with interest in three to seven years depending on conventional fuel type and cost. The collector requires no routine maintenance. Depending on the glazing, periodic retreatment (every five to eight years) might be required to prevent ultra violet deterioration of the glazing.

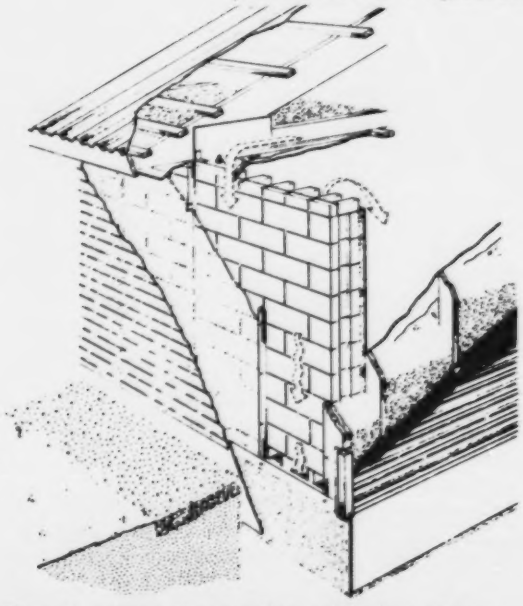
The vertical solar collector/storage wall can be incorporated readily into conventional farm building designs, be built with readily available building materials, and be constructed without special skills or equipment by competent farm building contractors or farmers. It is able to store sufficient heat to prevent overventilation (waste) of collected solar energy, is self regulating and does not require venting to prevent high stagnation temperatures during the non-use summer period.

To transfer this technology, the Canada Plan Service (CPS) (Engineering and Statistical Research Centre, Agriculture Canada) has prepared Plan M-9732, "Solar ventilation wall with heat storage". CPS plans are available from Provincial agriculture department extension engineers.

Le capteur solaire/mur de stockage vertical dans son ensemble a été considéré comme une solution de rechange rentable pour préchauffer l'air de ventilation en hiver destiné à des bâtiments pour animaux continuellement ventilés et déficitaires en chaleur, et ce, dans la plupart des régions géographiques du Canada. Le coût en capital serait recouvré avec les intérêts en l'espace de deux à sept ans selon le type de carburant et le coût. Le capteur n'exige aucun entretien régulier. Selon le vitrage utilisé, un nouveau traitement périodique (tous les 5 à 8 ans) pourrait être nécessaire pour prévenir la détérioration par les ultra-violets.

Le capteur solaire/mur de stockage vertical peut être intégré facilement à des plans de bâtiments de ferme classiques, être construit avec des matériaux de construction faciles à se procurer sans exiger de compétences ou d'équipement spéciaux par des entrepreneurs compétents en bâtiments de ferme ou des agriculteurs. Il peut stocker suffisamment de chaleur pour empêcher une surventilation (gaspillage) de l'énergie solaire captée, est autorégulateur et ne nécessite pas d'aération pour prévenir les hautes températures de stagnation au cours de la période estivale de non-utilisation.

Pour transférer cette technologie, le Service de plans du Canada (Centre de recherches techniques et statistiques, Agriculture Canada) a préparé le plan M-9732 intitulé "Mur de ventilation solaire à stockage de chaleur". Les plans du Service sont disponibles auprès des vulgarisateurs des ministères provinciaux de l'Agriculture.



View at corner where solar collector stops.
Vue du coin où s'arrête le capteur solaire.

| | | |
|---|---|---|
| Contractor- | University of Saskatchewan, Saskatoon, Sask. | -Entrepreneur |
| Project Leader- | G.J. Schoenau & R.W. Besant, Dept. Mech. Eng. | -Responsable du projet |
| Sci. Authority- | H.R. Davidson, Swift Current Research Station | -Expert scientifique |
| Project File No.- | 01843-8-1813 | -Numéro du projet |
| Serial No.- | 05U78-00136 | -Numéro de série |
| Contract Cost- | $26,000 | -Coût du contrat |

## EVALUATION OF SOLAR COLLECTORS FOR AGRICULTURE

### OBJECTIVES

To evaluate the design and performance of solar collectors for agricultural purposes by analysis, field tests, and computer simulations.

### SUMMARY

A number of air and water cooled collector units were designed, built and tested. Air temperatures and flow rates and incident radiation were monitored, and compared to analytical models developed for the air coqled collectors. Simulated long term collector performance was used to evaluate the economic potential of specific systems for crop drying, ventilation air preheating and water heating.

For most applications where the ratio of beam to diffuse radiation is 50% or more, the type of glazing material will have very little effect on the overall collector performance, thus it can be selected based on structural and economic aspects.

For low temperature air preheating, it was found that a relatively large ratio of collector area to unit volume of air flow would give the lowest total cost for the heating system, but more performance data is required.

Utilization of a selective surface increases the energy output of a solar collector, but for low temperature applications, its high capital cost is not justified compared with a conventional collector with a flat black painted absorber plate.

The small increase in air cooled collector performance realized by using glass, Llumar or other commercial glazing materials does not justify their higher capital costs. UV-stabilized polyethylene yields the best economic return of the glazing materials considered.

## ÉVALUATION DES CAPTEURS SOLAIRES POUR L'AGRICULTURE

### OBJECTIFS

Évaluer la conception et le rendement de capteurs solaires utilisés pour l'agriculture par des analyses, des essais in situ et des simulations informatiques.

### RÉSUMÉ

Un certain nombre de capteurs refroidis à l'air et à l'eau ont été conçus, fabriqués et mis à l'essai. Les températures et débits d'air ont été monitorés et comparés à des modèles analytiques simulant les capteurs refroidis à l'air. Des simulations du rendement à long terme des capteurs ont été utilisées pour évaluer les économies réalisables grâce à différents systèmes pour le séchage des récoltes, pour le pré-chauffage de l'air de ventilation et pour le chauffage de l'eau.

Pour la plupart des applications où le rapport du rayonnement direct au rayonnement diffus est d'au moins 50%, le type de vitrage utilisé avait très peu d'effet sur le rendement global des capteurs, qui peuvent être choisis en fonction de critères structuraux et économiques.

Pour le pré-chauffage de l'air à basse température, il semble qu'un rapport relativement grand entre la surface de captage et le débit d'air permet les plus faibles coûts, mais d'autres données de rendement sont encore nécessaires.

L'utilisation d'une surface sélective augmente la quantité d'énergie captée, mais pour les applications à faible température, son coût d'achat supérieur n'est pas justifié lorsqu'on le compare à un capteur traditionnel à absorbeur enduit de peinture noire mate.

Le faible accroissement du rendement des capteurs obtenu par l'utilisation de verre, de Llumar ou d'autre types de vitrages commerciaux ne justifie leur coût initial supérieur. Parmi les matériaux de vitrage analysés, c'est le polyéthylène stabilisé aux ultraviolets qui donne le meilleur rendement en fonction du coût.

Constructing air cooled collectors that are portable and could have multi-use potential would result in excessive capital costs. It is much more desirable to utilize existing structures to support the collector modules and provide an absorbing surface. Air cooled collectors are predicted to be economically feasible additions to natural air or low temperature grain drying and building ventilation systems.

La fabrication de capteurs refroidis à l'air, portables et pouvant servir à différents usages entraînerait des coûts initiaux excessifs. Il vaut beaucoup mieux utiliser les structures existantes pour soutenir les capteurs et faire fonction de surface absorbante. On prévoit que les capteurs refroidis à l'air constitueront des ajouts rentables aux installations de séchage du grain par ventilation naturelle ou à faible température et pour la ventilation des bâtiments.

The performance of vertical and horizontal rock storage beds as a method of enhancing collector performance was investigated by constructing scale models and testing them in the lab. Dynamic performance was measured by suddenly raising the inlet air temperature and measuring the temperatures along the bed. A fairly high degree of scatter existed in the data so more investigation is required. An economic analysis of rock storage used with solar ventilation air preheating showed that it cannot be justified since most of the energy collected can likely be utilized to supplement the space heating. For grain drying, payback periods are longer for solar drying systems incorporating rock storage.

Le rendement des lits de stockage de pierres verticaux et horizontaux pouvant être utilisés pour accroître la rentabilité des capteurs solaires a été analysé à l'aide de modèles réduits mis à l'essai en laboratoire. La tenue dynamique a été mesurée en augmentant soudainement la température de l'air d'admission et en mesurant les températures le long du lit de pierres. La dispersion des données obtenues était assez importante; d'autres analyses seront donc nécessaires. Une analyse économique du stockage dans les pierres utilisé en combinaison avec le pré-chauffage solaire de l'air de ventilation a démontré que le stockage n'est pas justifié puisque la plus grande partie de l'énergie captée peut être utilisée comme chauffage d'appoint pour les locaux. Pour le séchage du grain, les périodes d'amortissement sont plus longues dans le cas des installations de séchage solaires incorporant un stockage dans les pierres.

Experimental test bed and collector modules.
Lit de stockage et capteurs mis à l'essai.

| | | |
|---|---|---|
| Contractor- | CBCL Ltd., Halifax, Nova Scotia | -Entrepreneur |
| Project Leader- | J.P. Axell, Vice-President | -Responsable du projet |
| Sci. Authority- | C.D. McLeod, Fredericton Research Station | -Expert scientifique |
| Project File No.- | 01843-8-1819 | -Numéro du projet |
| Serial No.- | OSZ78-00140 | -Numéro de série |
| Contract Cost- | $19,900 | -Coût du contrat |

## PERFORMANCE OF SOLAR PANELS FOR HEATING VENTILATION AIR IN POULTRY BUILDINGS

### OBJECTIVES

To measure heat flow from different orientations of a simple solar panel design to assess the feasibility of retrofitting a poultry building to heat ventilation air.

### SUMMARY

Design options for the solar system to heat ventilation air were selected to provide a practical retrofit. Air was chosen as the heat transfer medium. Common construction materials and methods were used, including flat black painted metal siding for the collector, greenhouse fibreglass sheet glazing and plywood and particle board framing.

Three test collectors were built and evaluated at sidewall (90°) and roof (18°) angles and at the ideal tilt (60°) for winter collection of solar heat. Variable speed centrifugal fans controlled air flow, the velocity measured by hot wire anemometers and inlet and outlet temperatures measured by thermocouples. Data was recorded on sunny days during the winter season of 1978-79.

During data analysis, it was discovered that the roof slope (18°) collector had failed, making the data for that unit invalid. Conclusions were based on early information indicating that the 18° slope was inferior for energy collection during the winter.

The results of the experiment indicated that retrofitting a barn with such collectors would be feasible. The energy gain of the vertical wall was slightly lower (less than 10%) than that of the 60° collector, so that extra cost

## PERFORMANCE DE PANNEAUX SOLAIRES UTILISÉS POUR CHAUFFER L'AIR DE VENTILATION DE BÂTIMENTS AVICOLES

### OBJECTIFS

Mesurer l'écoulement de la chaleur à partir d'un panneau solaire unique, orientés sous divers angles pour évaluer les possibilités d'adapter des bâtiments avicoles au chauffage de l'air de ventilation.

### RÉSUMÉ

Divers systèmes de chauffage de l'air de ventilation par l'énergie solaire ont été choisis avec l'idée de rendre l'adaptation pratique. C'est l'air qui a été le véhicule de transfert de chaleur. Des matériaux et des méthodes de construction ordinaires ont été utilisés, notamment des parements métalliques d'un noir mat, dans le capteur, un vitrage en feuilles de fibre de verre de serre et des panneaux de contre-plaqué et de particules.

Trois capteurs expérimentaux ont été construits et évalués: un sur une paroi verticale (90°), un sur le toit (18°) et le troisième incliné à l'angle idéal de 60° pour le captage de l'énergie solaire durant l'hiver. Des ventilateurs centrifuges, à vitesse variable, ont servi à régler l'écoulement de l'air, la vitesse a été mesurée par des anémomètres à fil chaud et les températures d'admission et de sortie mesurées par des thermocouples. Les données ont été recueillies durant des journées ensoleillées pendant la campagne d'hiver de 1978-1979.

Lors de l'analyse des données, on a découvert que le capteur placé sur le toit (à 18°) avait été défectueux, ce qui rendait inutilisables les données de l'expérience avec ce capteur. Les conclusions ont été fondées sur une information antérieure selon laquelle une pente de 18° a une performance inférieure dans le captage de l'énergie en hiver.

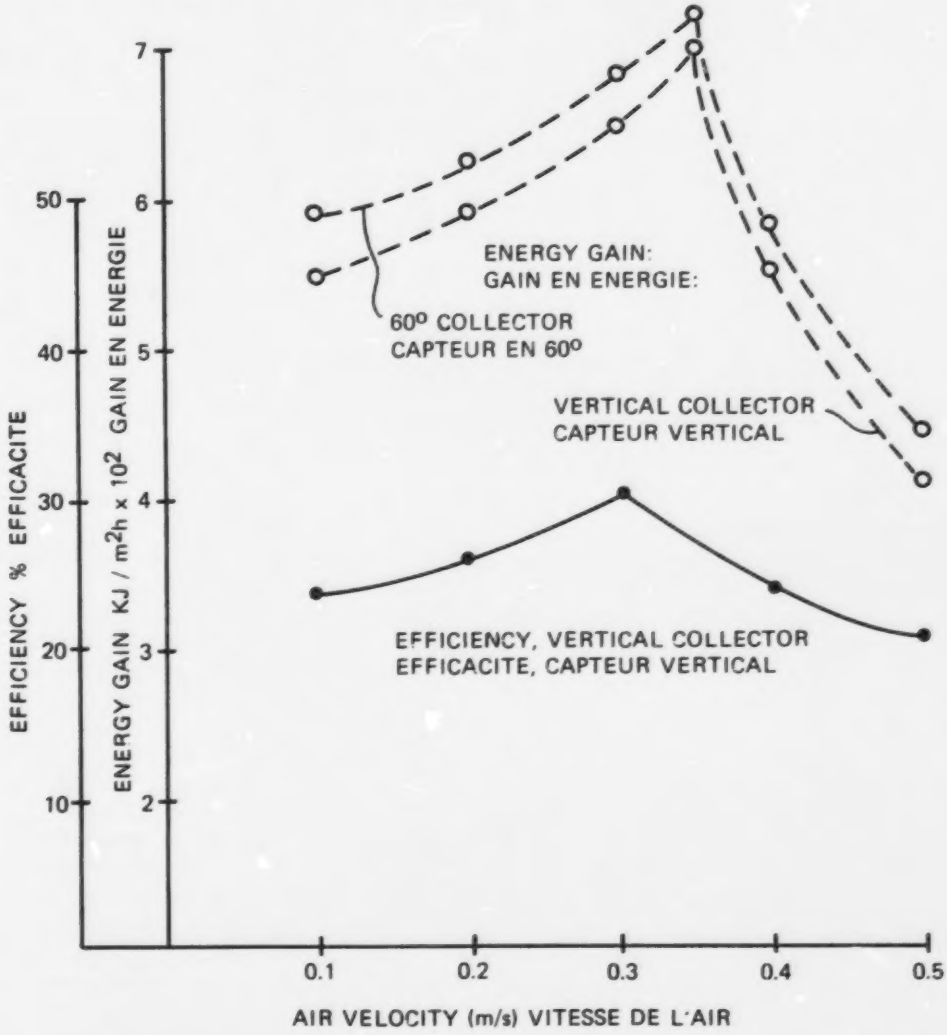
Les résultats de cette expérience montrent qu'il serait possible d'adapter ces capteurs sur des bâtiments existants. Le gain en énergie autorisé par un capteur vertical était légèrement inférieur (moins de 10%) à celui du capteur à 60°, de sorte que les

to install 60° collectors would not be justified. The efficiency of the collectors (site constructed) was acceptable compared to higher cost, pre-manufactured collectors. Temperature rise across the collectors was greater than predicted. Based on these results and average weather conditions in Nova Scotia, each $m^2$ of collector could save 20.3 L of fuel oil.

The favourable results and design information collected permitted proceeding with an actual retrofit project (Contract 9-1904) reported on the next page.

dépenses supplémentaires qu'entraînerait l'installation de capteurs à 60° ne seraient pas justifiées. L'efficacité des capteurs (de construction locale) était acceptable comparée à celle des capteurs préfabriqués coûteux. L'élévation de la température à travers les capteurs a été plus élevée que prévue. On peut conclure, d'après ces résultats et compte tenu des conditions météorologiques moyennes de la Nouvelle-Écosse, que chaque $m^2$ de capteur autoriserait une économie de 20,3 L de mazout.

Les résultats encourageants et l'information recueillie sur la conception permettent de poursuivre avec un projet d'adaptation véritable (contrat 9-1904) décrit sur la page suivante.




Variation of energy gain and efficiency with air velocity for the experimental solar collectors.
Variation du gain d'énergie et de l'efficacité avec la vitesse de l'air dans des capteurs solaires expérimentaux.

| | | |
|---|---|---|
| Contractor- | ACA Co-operative Assoc. Ltd., New Minas, N.S. | -Entrepreneur |
| Project Leader- | D.K. Fillmore, Manager | -Responsable du projet |
| Sci. Authority- | C.D. McLeod, Fredericton Research Station | -Expert scientifique |
| Project File No.- | 01843-9-1904 | -Numéro du projet |
| Serial No.- | 0SZ79-00179 | -Numéro de série |
| Contract Cost- | $21,500 | -Coût du contrat |

## SOLAR HEATING OF VENTILATING AIR FOR POULTRY FACILITIES

### OBJECTIVES

To design and construct solar panels on half of one vertical wall of an existing poultry building to heat ventilation air according to design work already done by CBCL Ltd., (Contract 8-1819, reported on the previous page). Provide details on controls and components affecting air flow. Compare construction costs with fuel savings.

### SUMMARY

A solar panel and control system was developed based on using locally supplied materials and relatively unskilled labour. One half of the south-facing wall on an existing poultry barn was covered with solar collector modules, giving a gross collector area of 112 $m^2$. The metal wall of the barn was painted flat black, strapping added and covered with sheet fibreglass greenhouse glazing. Holes were cut and slide plates added to provide controlled air flow activated by the existing ventilation exhaust fans. The cost of labour and materials for the modification was $4,200 (in 1980).

The control system was designed to provide several modes of operation, such as automated control of pre-heated ventilation air according to solar conditions, automated timed control of the exhaust fans according to number and age of birds in the barn, high temperature override and manual option. Temperature sensors, appropriate electromechanical devices and mechanical activators controlled the fans and slide plates.

Instrumentation was installed to measure air velocity in the duct and temperature difference

## CHAUFFAGE SOLAIRE DE L'AIR DE VENTILATION DE BÂTIMENTS AVICOLES

### OBJECTIFS

Concevoir et installer des panneaux solaires sur la moitié d'une paroi verticale d'un poulailler pour chauffer l'air de ventilation, à partir des travaux de conception déjà réalisés par CBCL Ltd., (Contrat 8-1819, décrit sur la page précédente). Recueillir de renseignements détaillés sur les réglages et les composantes qui influent sur l'écoulement de l'air. Comparer les coûts de la construction aux économies de combustibles.

### RÉSUMÉ

Un panneau solaire et un système de réglage ont été mis au point en utilisant des matériaux disponibles localement et une main-d'oeuvre relativement inexpérimentée. La moitié de la paroi d'un poulailler orientée vers le sud a été recouverte de modules de capteurs solaires, pour former une superficie approximative de captage de 112 $m^2$. La parois métallique du poulailler a été recouverte d'une peinture d'un noir mat, la fourrure installée et couverte d'un vitrage de serre en feuilles de fibre de verre. Des trous ont été percés et obstrués par des plaques coulissantes pour assurer le réglage du flux d'air mû par les ventilateurs aspirateurs en place. Le coût de la main-d'oeuvre et des matériaux nécessaires à la modification a été de 4 200 $ (en 1980).

Le circuit de réglage a été conçu en vue de plusieurs modes d'opération, comme le réglage automatique de l'air préchauffé selon les conditions d'ensoleillement, la synchronisation automatique des ventilateurs d'aspiration selon le nombre et l'âge des volailles dans le poulailler, un réglage de priorité aux hautes températures et un réglage manuel. Des sondes de températures, des mécanismes électro-mécaniques appropriés et des activateurs mécaniques réglaient les ventilateurs et les plaques coulissantes.

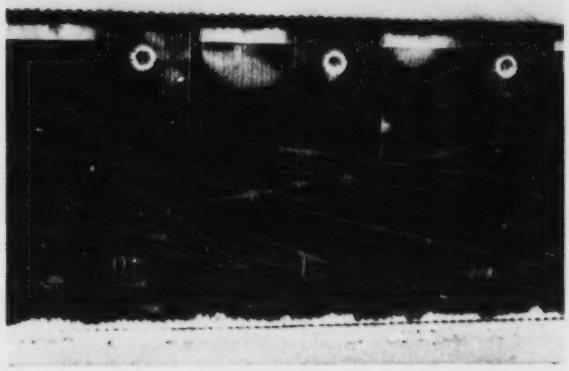
Des instruments ont été installés pour mesurer la vitesse de l'air dans la conduite et la différence de

across the collector. Sample measurments indicated an average temperature difference of 53°C, and a calculated heat gain of 17.6 kW. Based on weather records of hours of sunlight from October 1 to April 30, this could provide 17,585 kWh per year (replacing 2189 L of fuel oil). Real energy comparisons were not made since fuel records could not be separated for the two halves of the barn.

The practical advantage gained by the system user was to increase ventilation rate without incurring a penality of high energy costs. The increased rate improved bird health and performance. However, none of these benefits were quantified scientifically within the scope of this contract.

température à travers le capteur. Des mesures types indiquent une différence moyenne de 53°C et un gain de chaleur calculé de 17,6 kW. D'après les données météorologiques sur le nombre d'heures d'ensoleillement du 1er octobre au 30 avril, ce mécanisme pourrait fournir 17 585 kWh par année (remplacer 2 189 L de mazout). De véritables comparaisons des quantités d'énergie n'ont pu être effectuées puisque l'on ne possédait pas de données distinctes sur la consommation de combustible dans chacune des deux moitiés du poulailler.

L'avantage pratique dont bénéficie l'utilisateur de ce système est qu'il peut augmenter la vitesse de ventilation sans assumer de dépenses élevées en énergie. La hausse de la vitesse de ventilation améliore la santé et la performance des volailles. Toutefois, aucun de ces avantages n'a été quantifié scientifiquement dans le cadre de ce travail.



Solar collector modules installed on poultry barn wall (left) and close-up view (right).
Modules de capteur solaire installés sur la paroi d'un bâtiment avicole (gauche); vue en gros plan (droite).

| | | |
|---|---|---|
| Contractor- | Hawes & Wight Ltd., Pointe Claire, Qué. | -Entrepreneur |
| Project Leader- | W. Wight, President | -Responsable du projet |
| Sci. Authority- | J.A. Munroe, Eng. & Stat. Res. Inst. | -Expert scientifique |
| Project File No.- | 01843-9-1905 | -Numéro du projet |
| Serial No.- | OSZ79-00218 | -Numéro de série |
| Contract Cost- | $7 000 | -Coût du contrat |

## DESIGN OF A PORTABLE SOLAR COLLECTOR FOR MULTI-FARM USE

### OBJECTIVES

To select at least one typical farming operation in each of at least four different areas of Canada and estimate the typical heat demand of the various components of the farming operation to be possibly served by the solar collector.

Using available data for solar radiation in Canada, and performance data for commercially available solar collectors that could be fashioned into a portable collector system, develop a conceptual design of a portable solar collector system for each of the farming operations and evaluate its economic feasibility.

### SUMMARY

The areas selected for study were Fredericton, N.B., Ottawa-Cornwall, Ont., Winnipeg, Man., and Edmonton, Alta. The areas were analysed and composite "average" area farm units were tabulated to arrive at average crop areas on which average crops of all types for that area were grown at average yield. Livestock was allocated on the basis of average number per farm.

The potential heat requirements suitable for provision by a portable solar unit were calculated and included grain drying, hay drying, water heating for dairy herds, and winter heating of piggeries. Use of the portable solar unit at times in poultry raising is feasible but this aspect was not included owing to the wide fluctuations in timing of heat requirements. Total calculated potential per year that could be supplied by solar units was 341, 240, 596 and 324 million Btu for the Manitoba, Alberta, Ontario and New Brunswick areas respectively.

## CONCEPTION D'UN CAPTEUR SOLAIRE PORTABLE À USAGES MULTIPLES SUR UNE FERME

### OBJECTIFS

Choisir au moins une exploitation agricole type dans quatre régions du Canada et évaluer la demande de chauffage type des différents éléments de chacune de ces exploitations qui pourraient être desservis par un capteur solaire.

A l'aide des données disponibles sur l'ensoleillement au Canada et sur le rendement de différents capteurs solaires disponibles sur le marché et qui pourraient être transformés en capteurs portables, concevoir un système à capteur portable pour chacune des exploitations agricoles et en évaluer la faisabilité économique.

### RÉSUMÉ

Les régions choisies pour l'étude étaient Fredericton (N.-B.), Ottawa-Cornwall (Ontario), Winnipeg (Man.) et Edmonton (Alb.). Ces régions ont été analysées et la superficie "moyenne" composite des fermes a été calculée pour en arriver aux zones de culture moyenne où des cultures moyennes de tous types pour cette région ont fourni une production moyenne. Le nombre de têtes de bétail considéré a été le nombre moyen par ferme.

Les demandes de chauffage qui pourraient possiblement être desservies par un capteur solaire portable ont été calculées. Les usages prévus seraient le séchage du grain, le séchage du foin, le chauffage de l'eau pour élevages laitiers et le chauffage des porcheries en hiver. L'utilisation occasionnelle d'un capteur solaire portable pour l'élevage de volailles est réalisable mais n'a pas été inclue dans l'analyse en raison des grandes fluctuations dans la durée de la demande de chauffage. L'énergie globale qui pourrait possiblement être fournie par des capteurs solaires a été évaluée à 341, 240, 596 et 324 millions de Btu par année pour le Manitoba, l'Alberta, l'Ontario et le Nouveau-Brunswick respectivement.

The collector concept proposed was a portable solar unit of approximately 1000 $ft^2$ which could be readily deployed in the required areas. The heat production would depend on the season and the weather; the useful output would vary from 55,000 Btu/$ft^2$ per month under less favourable conditions. The configuration was a set of 32 foldable solar panels mounted on a 40-ft long trailer.

Agriculture Canada considered that the analysis and information presented did not form a sound basis for proceeding with the project and cancelled further support for the work.

Le capteur proposé était un dispositif portable d'environ 1000 $pi^2$ pouvant être facilement déployé dans la zone qu'il doit desservir. La production de chaleur dépendrait de la saison et des conditions atmosphériques; le rendement utile serait d'au moins 55,000 Btu/$pi^2$ par mois dans les conditions les moins favorables. La batterie était constituée de 32 capteurs pliables montés sur une remorque de 40 pi de longueur.

Agriculture Canada a jugé que l'analyse et l'information fournie ne constituaient pas une base suffisante pour la poursuite du projet et a donc retiré tout soutien à ces travaux.

| | | |
|---|---|---|
| Contractor- | University of Guelph, Guelph, Ontario | -Entrepreneur |
| Project Leader- | W.K. Bilanski, School of Engineering | -Responsable du projet |
| Sci. Authority- | D.R. Menzies, Vineland Research Station | -Expert scientifique |
| Project File No.- | 01843-9-1918 | -Numéro du projet |
| Serial No.- | OSZ79-00234 | -Numéro de série |
| Contract Cost- | $118,000 | -Coût du contrat |

## INDIRECT DRYING OF CEREAL GRAIN AND PEANUTS USING A DEHYDRATING MEDIUM WHICH IS SOLAR DRIED

### OBJECTIVES

To investigate storing solar energy in a suitable medium for use in drying cereal grains and peanuts, by evaluating several dehydrating media for suitability and developing a system to dry the crop using the media, separating the medium from the dried crop and then drying and storing the medium.

### SUMMARY

An analytical model of the grain-desiccant desorption process was developed based on fundamental diffusion properties. Model validation was carried out by conducting a series of drying tests on freshly harvested wheat, oats and barley, and on rewetted corn, each mixed with one of two types of bentonite as the desiccant, in 150-L containers. Drying of the bentonite was studied by computer using an analytical model of a flat-bed solar collector with bentonite clay inside the container, using known heat transfer characteristics of the materials and a suitable solar radiation level for Ontario.

Application of the moisture diffusion model to the simulation of corn drying revealed a close correspondence between simulated drying data and experimental data for two different test cases. The model was further used to investigate the effect of initial desiccant moisture content, and initial wet-weight ratio of grain to desiccant by way of simulation. Results showed that for an initial moisture content of 0.01 (db) improvements in moisture reduction of the order of 18% and 38% could be expected over those obtained when the initial moisture content was 0.088 (db) and 0.15 (db) respectively. When simulations were performed with grain-to-bentonite ratios of 0.5, 1.0 and 2.0, higher moisture reductions were observed

## SÉCHAGE INDIRECT DE CÉRÉALES ET D'ARACHIDES À L'AIDE D'UN MILIEU DÉSHYDRATANT OBTENU PAR SÉCHAGE SOLAIRE

### OBJECTIFS

Étudier le stockage d'énergie solaire dans un milieu propre au séchage de céréales et d'arachides, par l'évaluation de plusieurs milieux déshydratants et la mise au point d'un système de séchage de la culture à l'aide du milieu, la séparation du milieu de la culture séchée et ensuite le séchage et le stockage du milieu.

### RÉSUMÉ

Le modèle analytique du procédé de déshydratation du grain par désorption a été mis au point en s'inspirant de certaines propriétés fondamentales de diffusion. La validation du modèle a été effectuée par l'exécution d'une série de tests de séchage sur du blé, de l'avoine et de l'orge fraîchement récoltés et sur du maïs réhumidifié, chacun mélangé avec l'un de deux types de bentonite comme déshydratant, dans des contenants de 150 L. Le séchage de la bentonite en contenant a été étudié par ordinateur au moyen de modèles analytiques d'un capteur solaire plan, en utilisant des caractéristiques connues de transfert thermique des matériaux et un niveau de rayonnement solaire approprié pour l'Ontario.

L'application du modèle de diffusion hydrométrique à la simulation du séchage du maïs a révélé l'existence d'une correspondance étroite entre les données de séchage simulées et les données expérimentales pour deux cas différents d'essai. Le modèle a en outre servi à étudier l'effet de la teneur en eau initiale du déshydratant et le rapport poids humide initial du grain/déshydratant par voie de simulation. Les résultats ont révélé que pour une teneur en eau initiale de 0,01 (db), une réduction des taux d'humidité de l'ordre de 18 et de 38% pouvait être envisagée par rapport à celle obtenue lorsque la teneur en eau initiale était de 0,088 (db) et 0,15 (db) respectivement. Lorsque les simulations étaient faites avec des rapport grain/bentonite de 0,5 1,0 et 2,0, de plus fortes réductions d'humidité étaient

for a ratio of 0.5 over 1.0 and 2.0. Grain moisture reduction was found to be the lowest for the ratio of 2.0.

The results of the bentonite drying study showed that the attainment of a regeneration temperature of 70 to 80°C through solar radiation was severely restricted to ideal conditions. The absorbtivity of bentonite is not well known, making it difficult to determine actual temperature gains. The collectors could obtain temperatures of 40°C above ambient for most conditions in three days. This makes partial use of solar energy, as an external heat source would be required to achieve a suitable bentonite regeneration temperature. Other points from the study were:

- for heat periods greater then one day, collector glass should be covered with sufficient insulation in periods of no solar radiation;
- for single-day regeneration, use a thin layer of bentonite; the collector top loss coefficient is more important than the insulation value;
- for regeneration periods greater than one day, use a thicker layer of bentonite with good insulation values to minimize night losses;
- bentonite regeneration should only be done in high ambient temperatures (summer months);
- absorbtivity of bentonite needs to be more accurately established.

constatées pour le ratio de 0,5 que pour ceux de 1,0 et 2,0. La réduction du taux d'humidité du grain est la plus faible pour le ratio de 2,0.

Les résultats de l'étude de séchage à la bentonite révèlent que l'obtention d'une température de régénération de 70 à 80°C par rayonnement solaire est fortement limitée à des conditions idéales. L'absorbtivité de la bentonite n'est pas bien connue, ce qui complique la détermination des gains réels de température. Les capteurs pouvaient réaliser des températures de 40°C supérieures à l'air ambiant pour la plupart des conditions en l'espace de trois jours. Il faudrait donc utiliser partiellement l'énergie solaire comme source de externe de chaleur pour atteindre une température de régénération convenant à la bentonite. Voici d 'autres points qui ont ressorti de l'étude:

- pour des périodes de régénération thermique dépassant une journée, le verre du capteur solaire devrait être recouvert d'un isolant suffisant par temps couvert;
- pour des périodes de régénération d'une seule journée, utiliser un couche mince de bentonite; le coefficient de perte thermique du capteur est plus important que la valeur isolante;
- pour des périodes de régénération dépassant une journée, utiliser une couche plus épaisse de bentonite possédant une bonne valeur isolante pour minimiser les pertes de chaleur nocturnes;
- la régénération de la bentonite ne devrait se faire qu'à des températures ambiantes élevées (mois d'été);
- l'absorbtivité de la bentonite doit être établie avec plus de précision.

Associated Publications:

1. Sturton, S.L., W.K. Bilanski, and D.R. Menzies. 1981. Drying of cereal grains with the dessiccant bentonite. Can. Agr. Eng. 23:101-103.

2. Sturton, S.L., W.K. Bilanski, and D.R. Menzies. 1983. Moisture exchange between corn and the dessiccant bentonite in an intimate mixture. Can. Agr. Eng. 25:139-141.

3. Graham, V.A., W.K. Bilanski and D.R. Menzies. 1983. Absorption grain drying using bentonite. Transactions of ASAE 26(5):1512-1515.

4. Watts, K.C., W.K. Bilanski, and D.R. Menzies. 1986. Comparison of drying corn using sodium and calcium bentonite. Can. Agr. Eng. 28:35-41.

Publications de ce travail:

| | | |
|---|---|---|
| Contractor- | Contech E.T.C. Ltd., Ottawa, Ont. | -Entrepreneur |
| Project Leader- | B.R. Hollebone, Research Director | -Responsable du projet |
| Sci. Authority- | D.R. Menzies, Vineland Research Station | -Expert scientifique |
| Project File No.- | 01843-0-SA02 | -Numéro du projet |
| Serial No.- | 05Z80-00049 | -Numéro de série |
| Contract Cost- | $16,600 | -Coût du contrat |

## ASSESSMENT OF THE FEASIBILITY OF ZEOLITE HEAT STORAGE FOR SOLAR GRAIN DRYING

### OBJECTIVES

To study the feasibility for a zeolite dessicant heat storage system as a means of storing solar energy in summer to use for grain drying at harvest time.

### SUMMARY

Relationships were developed for a method of collecting heat from a solar collector to dry out a bed of zeolite, and for the transfer of moisture from the grain to the zeolite.

The zeolite drying system involved a blower, air-to-air counterflow heat exchanger to recapture heat as the temperature of the zeolite bed rises as drying progresses, an air solar collector and a zeolite bed. The computer analysis was based on equations for the transport of energy and mass between the air carrying water vapour and the zeolite. Predictions from the computer model were checked against laboratory-scale experiments. Rate of water reduction was established for different solar collector areas and air flow rates for a given size of zeolite bed.

The grain drying system involves circulating air through the wet grain to pick up moisture, then through the zeolite bed where the moisture is absorbed by the zeolite and the heat of absorption raises the air temperature. This warm, dry air is then recirculated to the grain bin.

Equal size modules of grain (corn at 30% initial moisture content) and zeolite (6% initial moisture content) were studied for change in moisture content at different air flow rates. Moisture release and acceptance was similar for the two materials. However, the closed cycle calculation indicated peak temperatures of over 550°F of the air entering the grain module. Mixing of outside air, or use of a thermal sink in the loop would be necessary

## ÉVALUATION DE LA FAISABILITÉ DU STOCKAGE THERMIQUE À LA ZÉOLITE POUR LE SÉCHAGE DU GRAIN À L'ÉNERGIE SOLAIRE

### OBJECTIFS

Étudier la faisabilité d'un système de stockage thermique au déshydratant zéolite comme moyen de stocker de l'énergie solaire en été pour l'utiliser au séchage du grain au moment de la récolte.

### RÉSUMÉ

Des rapports ont été établis pour mettre au point une méthode de collecte de la chaleur d'un capteur solaire pour déshydrater un lit de zéolite et pour transférer l'humidité du grain à la zéolite.

Le système de séchage à la zéolite comprend une soufflerie, un échangeur de chaleur air-air à contre-courant pour récupérer la chaleur stockée dans un lit de zéolite dont la température s'élève à mesure que le séchage progresse, un capteur solaire à air et un lit de zéolite. L'analyse informatique s'appuie sur des équations pour le transport d'énergie et de masse entre l'air chargé de vapeur d'eau et la zéolite. Les prédictions découlant du modèle informatique ont été comparées aux expériences en laboratoire. Le taux de réduction de quantité d'eau a été établi pour diverses zones du capteur solaire et divers débits d'écoulement de l'air pour un lit de zéolite de dimension donnée.

Le système de séchage du grain consiste en une circulation d'air au travers du grain humide pour y recueillir l'humidité, l'air passe ensuite au travers du lit de zéolite dans lequel l'humidité est absorbée par le produit et où la chaleur d'absorption élève la température de l'air. Cet air chaud et sec est ensuite recirculé dans la cellule à grain.

Des modules de grain (maïs à 30% d'humidité initiale) et de zéolite (6% d'humidité initiale) de dimensions égales ont été étudiés pour établir la variation des taux d'humidité à divers débits d'écoulement de l'air. Le dégagement et l'absorption d'humidité sont comparables pour les deux matériels, mais le calcul en cycle fermé indique des températures maximums de plus de 550°F de l'air qui entre dans le module de séchage du grain. L'apport d'air extérieur ou l'utilisation d'un puits thermique dans le circuit serait nécessaire

to prevent grain heat damage.

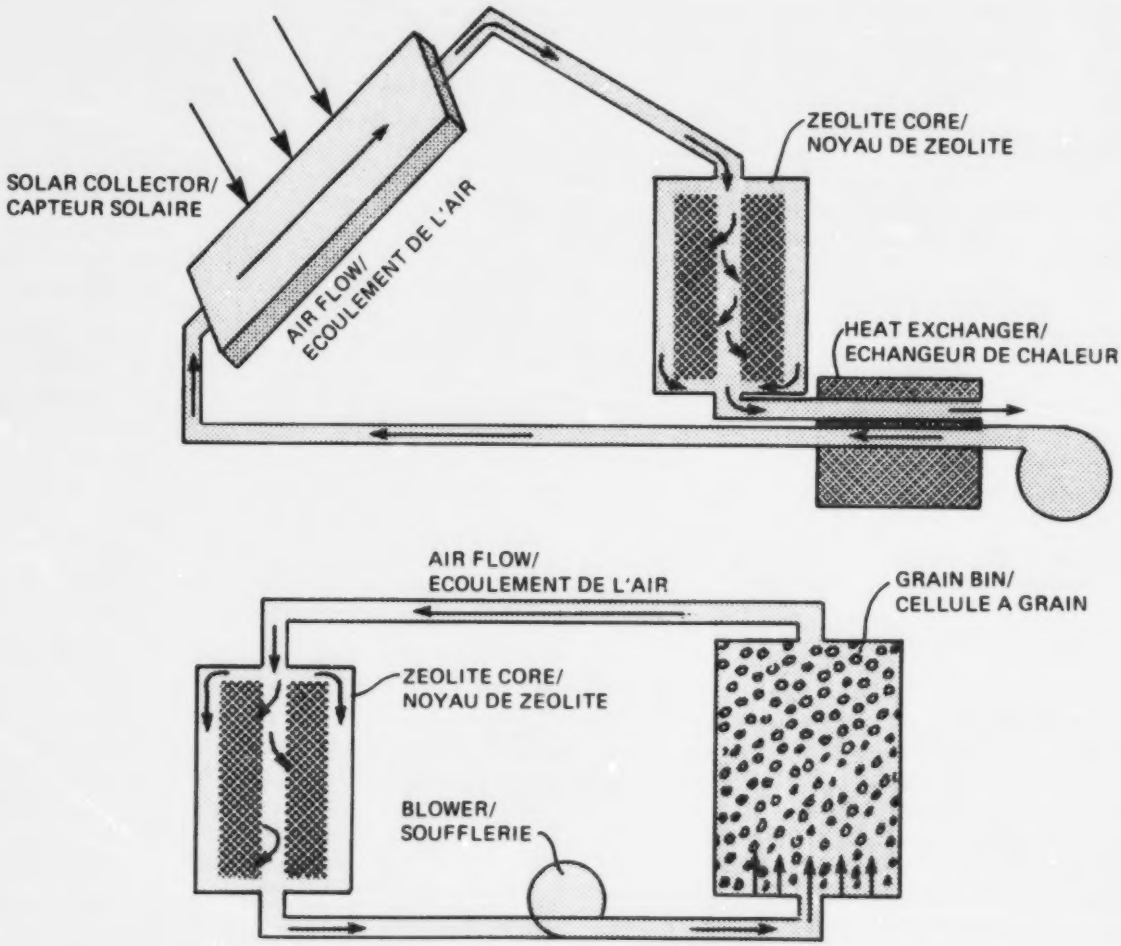
The principle was considered feasible, subject to optimization of the design and development of the mechanical detail of such a grain dryer. The system could also have other agricultural applications for the heat supplied.

Modular costs were estimated for full-scale installations, using cost quotations (1980) of $\$50/ft^2$ for solar collectors and $1000/ton for zeolite chemical store, total heat required, and time available for collecting the heat. The calculated capital cost for the solar and storage components was $372,000 for a Western and $110,500 for an Eastern example. Spreading out the grain drying period, if feasible, considerably reduces the capital cost.

pour éviter l'échauffement du grain.

Le principe a été jugé faisable, moyennant l'optimisation des plans et devis et la mise au point des particularités mécaniques d'un tel séchoir à grain. Le système pourrait également avoir d'autres applications agricoles pour la chaleur ainsi produite.

Pour des installations en pleine grandeur, les coûts des modules ont été évalués à 50 $\$/pi^2$ (1980) pour les capteurs solaires et à 1 000 $/tonne pour le stockage de la zéolite, la chaleur totale nécessaire et le temps nécessaire à la collecte de la chaleur. Le coût en capital calculé pour les composantes de captage et de stockage s'élève à 372 000 $ dans l'Ouest et à 110 500 $ dans l'Est. Si c'est possible, l'étalement de la période de séchage du grain peut réduire considérablement le coût en capital.




Zeolite drying (above) and grain drying (below) systems.
Systèmes de séchage de la zéolite (ci-dessus) et le séchage du grain (ci-dessous).

| | | |
|---|---|---|
| Contractor- | Giffels Associates Ltd., Toronto, Ont. | -Entrepreneur |
| Project Leader- | D.C. Lehmann, P.Eng. | -Responsable du projet |
| Sci. Authority- | R.D. Hayes, Eng. & Stat. Res. Inst. | -Expert scientifique |
| Project File No.- | 01843-0-5A04 | -Numéro du projet |
| Serial No.- | 05Z80-00111 | -Numéro de série |
| Contract Cost- | $6,000 | -Coût du contrat |

## SOLAR ENERGY APPLICATIONS IN THE FOOD AND BEVERAGE INDUSTRY

### OBJECTIVES

Complete a literature review of potential solar applications in the food and beverage industry. Develop a questionnaire showing information that could be gathered by telephone interviews and site visits.

### SUMMARY

A bibliography of 30 references and abstracts was assembled covering solar systems and applications, and food and beverage processing information.

The review of solar systems and applications showed that a variety of solar collector designs have been developed. The collection efficiency of each of these designs, usually expressed as the percentage of total incident solar radiation which is converted to useful heat, is a strong function of the collector operating temperature. As the operating temperature increases, heat losses to the environment increase, and the collection efficiency decreases. The specific relationship between operating temperature and efficiency is a function of collector design. Several studies have recently attempted to determine the optimum collector design for particular temperature ranges.

Rooftop collector installations could be appropriate for building heating and cooling applications, but to provide more capacity for process heat applications, collector installations on land in close proximity to the plant would be required. Most systems utilized water thermal energy storage. Performance data and computer simulation showed collector efficiencies ranging from near 10% to over 50%. Geographical location could affect the amount of solar energy collected by a factor of 3.

## APPLICATIONS DE L'ÉNERGIE SOLAIRE DANS LE SECTEUR DES ALIMENTS ET DE BOISSONS

### OBJECTIFS

Effectuer une étude bibliographique des applications potentielles de l'énergie solaire dans le secteur des aliments et des boissons. Élaborer un questionnaire donnant les renseignements qui pourraient être recueillis par des entrevues téléphoniques et des visites sur place.

### RÉSUMÉ

Une bibliographie de 30 références et des résumés ont été réunis sur des systèmes de captage de l'énergie solaire et leurs applications, ainsi que des données sur la transformation des aliments et des boissons.

L'étude de systèmes de captage de l'énergie solaire et de leurs applications a révélé que divers modèles de capteurs ont été mis au point. L'efficience du captage de chacun de ces modèles, généralement exprimée en pourcentage du rayonnement solaire incident total converti en chaleur utile, est fortement tributaire de la température d'exploitation du capteur. À mesure que la température de fonctionnement s'élève, les pertes thermiques dans le milieu ambiant augmentent et l'efficience du capteur diminue. Le rapport particulier entre la température de fonctionnement et l'efficience est fonction du modèle de capteur. Plusieurs études ont récemment tenté de déterminer le modèle optimal de capteurs pour certaines amplitudes de température.

Les installations de capteurs au toit pourraient se prêter au chauffage et au refroidissement des bâtiments, mais pour assurer une plus grande capacité de chaleur industrielle, des installations de capteurs au sol à proximité des bâtiments seraient plus indiquées. La plupart des systèmes utilisent la technique de stockage de l'énergie thermique dans l'eau. Les données de rendement et la simulation par ordinateur montrent que les efficiences du capteur peuvent varie d'environ 10 à plus 50%. L'emplacement géographique peut influer par un facteur de 3 sur la quantité d'énergie solaire captée.

The review of process information showed that in the U.S.A., the food industry was considered to have significant potential for solar process heat applications. The industry was considered to be a major user (ranked 6th) of low-temperature (40°C) process heat. The Australian food industry was estimated to consume 70% of its heat in processes operating at temperatures below 100°C, with no significant useage above 150°C. Another estimate indicated that 71% of purchased fuels in Ontario are consumed in process heat applications.

L'étude des données sur les processus a révélé qu'aux Etats-Unis, l'industrie alimentaire était censé posséder un potentiel important pour des applications de chaleur industrielle d'origine solaire. L'industrie était considérée comme une utilisatrice importante (classée 6e) de chaleur industrielle à basse température (40°C). D'après les estimations, l'industrie alimentaire australienne consomme 70% de sa chaleur dans des procédés qui fonctionnent à des températures inférieures à 100°C et qui dépassent rarement 150°C. D'autres estimations révèlent que 71% des carburants achetés en Ontario sont consommés dans des applications de chaleur industrielle.

Studies have shown that energy conservation, particularly utilizing heat recovery, and used in conjunction with a solar system can considerably reduce energy consumption. Analysis of solar system performance and costs showed a range of results from uneconomic, to competitive at high fuel costs, or in some cases acceptable payback periods.

Des études ont révélé que les économies d'énergie, en particulier par la récupération de la chaleur, de concert avec un système de captage de l'énergie solaire, peuvent réduire considérablement la consommation d'énergie. L'analyse du rendement et des coûts d'un tel système a donné un éventail de résultats allant de non-économiques à concurrentiels pour des coûts de carburant élevés ou, dans certains cas, des délais de récupération acceptables.

Analysis of the information reviewed produced the view that the Food and Beverage Industry is a prime target for investigation into the potential for using solar energy to provide a part of the processing energy needs. Features favouring the application of solar energy are: large volume of hot water consumption for clean-up and in-process use; heated air is frequently used for processing at moderate temperatures such as drying operations; and use of process steam heating systems which require a high level of feedwater make-up.

L'analyse des données examinées a permis de conclure que l'industrie des aliments et des boissons constitue un terrain favorable à l'étude du potentiel d'utilisation de l'énergie solaire pour satisfaire une partie des besoins d'énergie de transformation. Les caractéristiques favorisant l'application de l'énergie solaire sont les suivantes: grande consommation d'eau chaude pour le nettoyage des installations et l'utilisation dans les procédés de transformation; l'utilisation fréquente d'air chauffée pour la transformation à des températures modérées comme les opérations de séchage, et l'utilisation de systèmes de chauffage à la vapeur industrielle qui exigent un renouvellement fréquent de l'eau d'alimentation.

Further Canadian-specific evaluation of solar system response to ambient temperatures and insolation levels, differences in the nature of the Food and Beverage thermal processes, and seasonality of operation was recommended as beneficial.

D'autres évaluations canadiennes de l'effet des températures ambiantes et des niveaux d'insolation sur le système de captage de l'énergie solaire, des différences dans la nature des procédés thermiques utilisés par l'industrie des aliments et des boissons et du caractère saisonnier des opérations ont été jugés utiles.

Preliminary work was done on developing the questionnaire, but it was decided not to continue to a publishable version.

On a commencé à travailler sur l'élaboration du questionnaire, mais on a décidé de ne pas franchir l'étape de la version publiable.

| | | |
|---|---|---|
| Contractor- | McGill University, Montreal, Que. | -Entrepreneur |
| Project Leader- | T.A. Lamand, Brace Research Institute | -Responsable du projet |
| Sci. Authority- | R. Chagnon, Saint Jean Research Station | -Expert scientifique |
| Project File No.- | 01916-2-ER29 | -Numéro du projet |
| Serial No.- | OSV82-00035 | -Numéro de série |
| Contract Cost- | $67,000 | -Coût du contrat |

## SOLAR WALL AND ROOF AIR PREHEATER FOR HAY DRYING

### OBJECTIVES

To establish whether preheating air with solar energy is cost and energy effective for in-barn hay drying in Canada, by carrying out a complete literature review, doing a survey of farmers, comparing three hay drying methods and designing, building and testing a roof-wall solar air preheater in a gambrel roof hay barn.


### SUMMARY

Literature was reviewed concerning artificial hay drying and applications of solar energy for drying. Considering the number of solar systems already installed, the technology appears to be well researched in Europe. For Canadian conditions, particularly considering alternative energy costs, more research seems to be needed.

A survey of in-barn hay drying in Quebec was done. Artificial hay drying increased steadily in the past 20 years, with an estimated total of 10,000 drying fans sold, indicating that there were sufficient hay driers to warrant development of retrofit solar air heating components.

Small- and full-scale experiments were performed. In the small-scale experiments, forced convection with ambient air and forced convection with solar heated air were used to dry loads of hay. Field curing was used as a control. The solar heated air dried the hay in about 30% less time than the unheated air. No differences were noted in the quality of the dry forage.

The full-scale experiments were performed in an existing 11 m x 27 m x 11 m high hay barn on the Macdonald College Farm. A 190 $m^2$ roof plenum air preheater was formed by stretching a


## SÉCHAGE DU FOIN À L'AIDE D'UN MUR SOLAIRE ET D'UN PRÉCHAUFFEUR D'AIR INSTALLÉ DANS L'ENTRETOIT

### OBJECTIFS

Établir si le préchauffage de l'air à l'énergie solaire est économiquement et énergétiquement rentable pour le séchage du foin en grange au Canada, en effectuant une étude complète de la documentation, en menant une enquête auprès des agriculteurs, en comparant trois méthodes de séchage du foin et en concevant, construisant et mettant à l'essai un préchauffeur d'air solaire installé dans l'entretoit et le mur d'une grange à foin à toit mansardé.


### RÉSUMÉ

On a étudié la documentation portant sur le séchage artificiel du foin et sur l'utilisation de l'énergie solaire pour le séchage. Compte tenu du nombre de systèmes solaires déjà installés, la technologie semble bien documentée en Europe. Pour le climat canadien, notamment tenant compte du coût d'autres formes d'énergie, il faudrait effectué plus de recherches.

Une enquête sur le séchage du foin en grange au Québec a été menée. Le séchage artificiel du foin a connu une croissance constante au cours des 20 dernières années; on estime à 10000 le nombre total de ventilateurs de séchage vendus, ce qui indique que le nombre de séchoirs à foin était suffisant pour justifier la mise au point de composantes solaires prêtes à installer pour le chauffage de l'air.

Des expériences à petite et à grande échelles ont été effectuées. Dans les expériences à petite échelle, du foin a été séché par convection forcée de l'air ambiant et par convection forcée d'air chauffé par le rayonnement solaire. Du foin séché à l'air extérieur a servi de témoin. L'air chauffé à l'énergie solaire a asséché le foin en 30% environ moins de temps que l'air non chauffé. Quant à la qualité du foin séché, on n'a noté aucune différence.

Les expériences à grande échelle ont été effectuées dans une grange à foin existante de 11 m x 27 m x 11 m de hauteur, située sur la ferme du Collège Macdonald. Pour préchauffer l'air, on a fermé l'entretoit de la

polyethylene sheet across the apex of the barn. Also, a 49 $m^2$ solar wall air preheater was built on the south wall of the barn, using the existing metal siding, painted flat black, as an absorber plate and a glazing made of fiberglass sheets.

Ambient air travels through the roof air preheater, then down the solar wall, powered by two 3.73 kW electrical fans. At an air flow rate of 650 $m^3$/min, the average temperature increment due to solar radiation was about 2.5°C for the entire system, and reached 5 to 6°C at peak periods.

The cost incurred for the solar parts of this system if only materials are considered was $2,277 (in 1983). Estimated annual saving in electrical costs was $125 for the barn studied. Therefore the system is not cost effective for hay drying purposes alone.

grange en tendant une feuille de polyéthylène de 190 $m^2$ en travers des combles. En outre, on a construit un mur solaire de 49 $m^2$ pour préchauffer l'air sur la face sud de la grange en recouvrant le revêtement métallique existant d'une peinture noire mate, pour ainsi réaliser une plaque absorbante, et en recouvrant cette dernière d'un vitrage constitué de feuilles de fibre de verre.

L'air est préchauffé en traversant l'entretoit, puis en descendant dans le mur solaire; il est déplacé par deux ventilateurs électriques de 3,73 kW. Avec un débit d'air de 650 $m^3$/min, on obtient une élévation moyenne de la température sous l'effet du rayonnement solaire d'environ 2,5°C pour le système au complet, avec des pointes de 5 à 6°C.

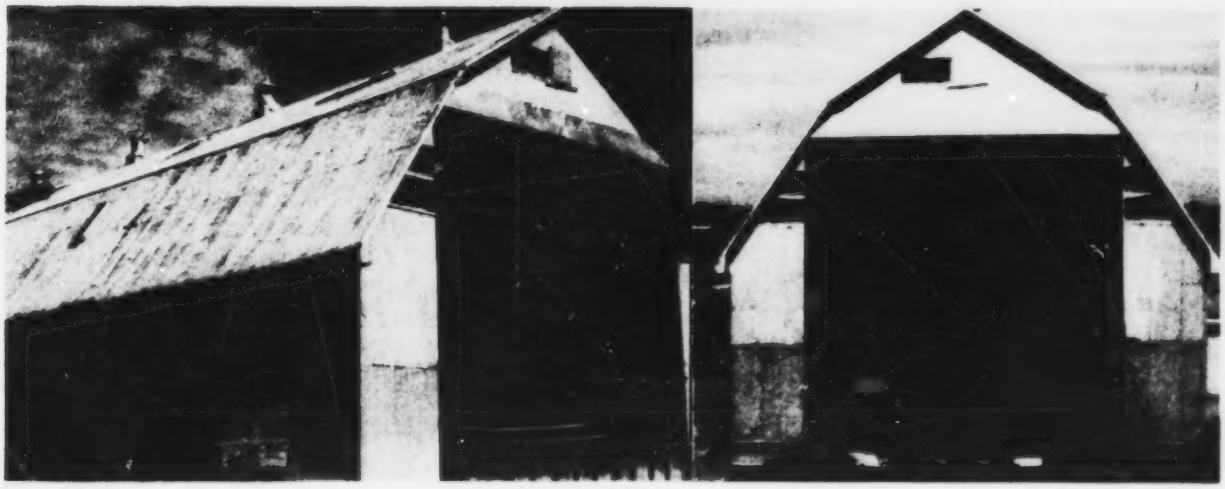
Les composantes solaires de ce système ont coûté en matériaux seulement 2 277 $ en 1983. Les économies annuelles d'électricité ont été estimées à 125 $ pour la grange étudiée. Par conséquent, le système n'est pas rentable s'il n'est utilisé que pour le séchage du foin.

Associated Publications:

1. Stratford, C.; Lawand, T.A.; Oliveira, D.; Jutras, P.; Chagnon, R. 1984. Development of a barn integrated solar air preheater for drying agricultural crops. Solar Energy Society of Canada Summer Meeting, Calgary, 6 pp.

2. Lambert, M. 1984. Des capteurs solaires pour le séchage du foin en grange. Le producteur de lait québécois. 5(2): 43-45.

Publications de ce travail:



Solar air preheater installed on hay drying barn.
Préchauffeur d'air solaire installé sur une grange à foin.

| | | |
|---|---|---|
| Contractor- | Saskatchewan Research Council, Saskatoon, Sask. | -Entrepreneur |
| Project Leader- | B. Zuk, P. Eng. | -Responsable du projet |
| Sci. Authority- | F.B. Dyck/M.A. Stumborg, Swift Current Research Station | -Expert scientifique |
| Project File No.- | 01706-0-0100 | -Numéro du projet |
| Serial No.- | 0SZ80-00065 | -Numéro de série |
| Contract Cost- | $59,200 | -Coût du contrat |

## RAPESEED OIL AS FUEL FOR FARM DIESEL ENGINES

### OBJECTIVES

To determine the technical feasibility of using oil from Canola and rapeseed varieties as an extender or substitute for diesel fuel for farm use. This included comparing charateristics of various grades of extracted oil, running engine trials, doing preliminary tests on a small Simon Rosedowns vegetable oil expeller unit, and carrying out preliminary analysis of exhaust emissions and engine lubricating oil.

### SUMMARY

A literature review was carried out showing that vegetable oils generally had desirable fuel characteristics, but that little work had been done with rapeseed. Economic factors were calculated, processes investigated to prepare the oil as a diesel fuel extender, fuel blending tests done, and engine tests carried out first with a 7.5 kW Petter engine, then with a 6-cylinder, turbocharged John Deere engine, including exhaust and lubricating oil analysis. In conducting the project, the contractor apportioned appropriate parts of the work to the POS Pilot Plant, and the Agr. Eng. Dept., Univ. of Sask.

Land requirements to fully supply the energy needs of a 400-ha Saskatchewan farm range from 29 to 54 ha, depending on the yield and extraction rates. At 1981 prices, vegetable oil was slightly more than twice the price of diesel fuel. The high viscosity of Canola oil poses a major problem in using 100% vegetable oil in our cooler climate. Mixing with diesel fuel may be a solution. The tests with Canola fuel (compared to diesel fuel) in the two-cylinder engine indicated:

a) Fuel consumption was higher - a maximum of 6% but with a 14% lower heating value indicates a higher thermal efficiency.

## L'HUILE DE COLZA COMME CARBURANT DANS LES MOTEURS DIESEL A USAGE AGRICOLE

### OBJECTIFS

Déterminer la faisabilité technique d'utiliser de l'huile de variétés de Canola et de colza comme allongeur ou succédané au carburant diesel à usage agricole. L'étude comprend la comparaison des caractéristiques de diverses viscosités d'huile extraite, l'exécution d'essais de moteurs, de tests provisoires sur un petit pressoir d'huile végétale Simon Rosedowns et d'une analyse provisoire des rejets d'échappement et de l'huile de lubrification du moteur.

### RÉSUMÉ

Une étude bibliographique a été effectuée et a révélé que les huiles végétales en général possèdent des caractéristiques souhaitables comme carburant, mais peu de travaux ont été faits sur le colza. Certains facteurs économiques ont été calculés, des procédés ont été étudiés pour préparer l'huile sous forme d'allongeur de carburant diesel, des tests de mélange de carburants ont été effectué et des essais de moteurs ont été exécutés sur un moteur Petter de 7,5 kW, et ensuite sur un moteur John Deere turbochargé de 6 cyclindres, y compris une analyse des gas d'échappement et de l'huile de lubrification. Dans l'exécution du projet, l'entrepreneur a confié des parts convenables du travail à l'usine pilote POS et au Dépt. de génie rural de l'Univ. de la Sask.

Le besoin de terre agricole pour satisfaire pleinement les besoins énergétiques d'une ferme de la Saskatchewan de 400 ha varie de 29 à 54 ha selon le rendement et les taux d'extraction. Aux prix de 1981, l'huile végétale dépassait légèrement le double du prix du diesel. La haute viscosité de l'huile Canola pose un problème majeur à l'utilisation d'huile végétale pure sous notre climat plus rigoureux. Le mélange d'huile et de carburant diesel pourrait donc s'avérer une solution. Les tests effectués sur du carburant de Canola (par rapport à du carburant diesel) dans le moteur à deux cylindres révèlent:

a) Une consommation de carburant plus élevée (maximum de 6%), mais la baisse de la valeur calorifique de 14% donne une efficience thermique plus élevée.

b) Less combustion noise, in spite of the lower cetane number.
c) No starting problems, down to 10°C.
d) Added ethanol reduced power output and increased specific fuel consumption.
e) Methyl ester marginally reduced maximum power while fuel consumption was measurably greater.

The six-cylinder engine tests with Canola oil indicated:
a) Maximum power was 2% less.
b) Specific fuel consumption was about 6% higher.
c) There was no noticeable difference in smoothness of operation.
d) The stage of oil refinement had little significant effect.
e) Considerably reduced levels of particulates, aldehydes and $NO_2$.

The small expeller required considerable modification to operate with Canola seed. Efficiency of the operation plus the marketability of the high oil meal remains to be investigated. The high erucic oil did not improve the engine operation or efficiency despite its reportedly better lubricating characteristics.

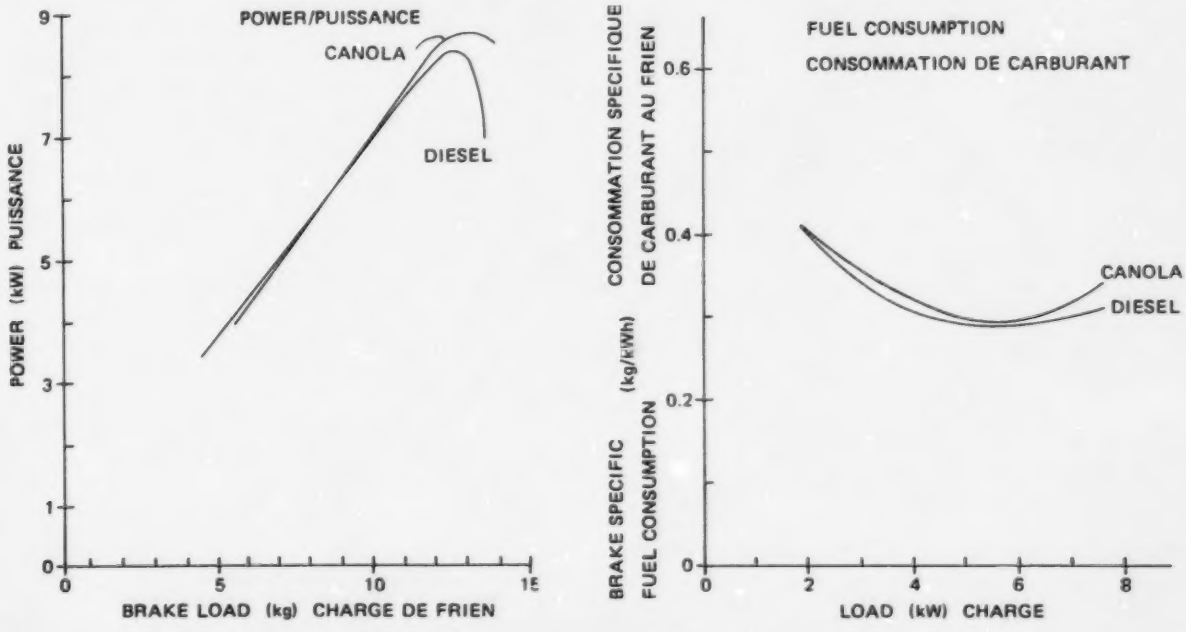
The study was continued in a subsequent contract (EL05; see next page).

b) Un bruit de combustion atténué malgré un indice d'octane plus faible.
c) Aucun problème de démarrage jusqu'à 10°C.
d) L'addition d'éthanol réduit la puissance du moteur et augmente la consommation de carburant.
e) L'ester de méthyle réduit très faiblement la puissance maximale, mais augmente la consommation de carburant.

Les essais de moteurs de six cylindres à l'huile de Canola révèlent:
a) Une baisse de 2% de la puissance maximale.
b) Une augmentation d'environ 6% de la consommation spécifique de carburant.
c) Aucune différence notable dans la douceur de fonctionnement.
d) Le degré de raffinage de l'huile n'a que très peu d'effet significatif.
e) Une réduction considérable de la concentration de matières particulaires, d'aldéhydes et de $NO_2$.

Le petit pressoir a nécessité beaucoup de modifications pour pouvoir fonctionner à la graine de Canola. Il reste à étudier l'efficience du fonctionnement et la capacité de commercialisation du tourteau d'huile concentré. La forte teneur en acide érucique n'améliore pas le fonctionnement ni l'efficience du moteur malgré ses soi-disant meilleures caractéristiques de lubrification.

L'étude se poursuit dans un contrat subséquent (EL05; voir la page suivante).




Power curves and fuel consumption measured with the two-cylinder engine.
Les courbes de puissance et la consommation de carburant ont été mesurées avec le moteur de deux cylindres.

| | | |
|---|---|---|
| Contractor- | University of Saskatchewan, Saskatoon, Sask. | -Entrepreneur |
| Project Leader- | R.C. Strayer, Dept. of Agricultural Engineering | -Responsable du projet |
| Sci. Authority- | M.A. Stumborg/F.B. Dyck, Swift Current Research Station | -Expert scientifique |
| Project File No.- | 01843-1-EL05 | -Numéro du projet |
| Serial No.- | OSU81-00416 | -Numéro de série |
| Contract Cost- | $109,000 | -Coût du contrat |

## CANOLA OIL AS FUEL FOR FARM DIESEL ENGINES PHASE II

### OBJECTIVES

To extend the work initiated under Phase I (Contract 0100; see previous page) to fully evaluate canola oil as a fuel for farm diesel engines, including sub-contracting with the Saskatchewan Research Council and the POS Pilot Plant Corporation for their specialized services.

### SUMMARY

Three tests were run in two engines, a two-cylinder Petter and a 6-cylinder turbo-charged John Deere. The engines were disassembled and inspected after each test. Mini-press evaluation and pilot plant production and analysis of several esters of canola oil were carried out. Exhaust gases were sampled for emissions and analysis done of the engine lubricating oil.

Canola oil in a direct injection diesel engine produced serious cylinder deposits with seized rings when operated for 300 hours. Modifying the canola oil to a methyl ester appeared to alleviate combustion deposits, but adds an appreciable cost to the fuel. Refined and degummed R500 (high erucic) oil caused severe injection nozzle fouling after a relatively short period of 40 hours of operation.

Viscosity and pour point of canola oil were high, compared to diesel fuel, as tempertures approached 0°C. Pour point depressants were not effective. Fuel system heaters reduced canola viscosity for low temperature engine operation. However, heaters appear completely impractical when applied to the handling and distribution of the canola oil.

Methyl esters, while producing much less engine deposit, have a higher pour point than canola oil. Production of methyl and ethyl esters was relatively easy, but isopropyl esters were

## L'HUILE DE COLZA CANOLA COMME CARBURANT POUR LES MOTEURS AGRICOLES AU DIESEL - PHASE II

### OBJECTIFS

Poursuivre le travail amorcé dans la phase I (contrat n° 0100; voir la page précédente) pour évaluer pleinement l'huile de colza Canola comme carburant pour les moteurs agricoles au diesel, y compris la sous-traitance avec le Conseil de recherches de la Saskatchewan et l'usine pilote POS pour retenir leurs service spécialisés.

### RÉSUMÉ

Trois essais ont été effectués sur deux moteurs, un moteur à deux temps et un John Deere turbo de six cylindres. Les moteurs ont été démontés et inspectés après chaque essai. L'évaluation d'un mini-presse et la production d'une usine pilote, ainsi que l'analyse de plusieurs esters de l'huile de colza Canola ont été effectuées. Les émissions des gaz d'échappement ont été échantillonnées et une analyse a été faite de l'huile de lubrification des moteurs.

D'huile de colza Canola dans un moteur au diesel à injection directe produit d'importants dépôts sur les cylindres qui font gripper les segments après 300 h de fonctionnement. La modification de l'huile de colza Canola en un ester de méthyle semble réduire les dépôts de combustion, mais relève sensiblement le coût du carburant. L'huile R500 (forte teneur en acide érucique) épurée et dégommée provoque un encrassement important des gicleurs d'injection après une période relativement courte de 40 h de fonctionnement.

La viscosité et le point d'écoulement de l'huile de colza Canola sont élevés par rapport au carburant diesel lorsque les températures approchent de 0°C. Les dépresseurs du point d'écoulement s'avèrent inefficaces. Les réchauffeurs du système d'alimentation en carburant réduisent la vicosité de l'huile à basse température de fonctionnement, mais ne semblent pas convenir à la manutention et à la distribution de l'huile de colza Canola.

Bien qu'ils produisent beaucoup moins de dépôts de cambouis, les esters de méthyle possèdent un point d'écoulement plus élevé que l'huile de colza Canola. La production d'esters de méthyle et d'éthyle est

difficult to prepare. Tests on the mini-press expeller discourage purchase of this type of unit until durability and oil extraction efficiency are improved. The village-scale methyl ester plant would not be viable at current (1983) Canadian energy costs.

relativement facile, mais les esters d'isopropyle sont difficiles à préparer. Les essais sur le purgeur de la mini-presse découragent l'achat de ce type d'appareil tant et aussi longtemps que la durabilité et l'efficience de l'extraction d'huile ne seront pas améliorées. L'usine d'esters de méthyle à l'échelle d'un village ne serait pas rentable aux coûts actuels de l'énergie canadienne (1983).

Under similar load conditions, the vegetable oil fuels emitted 40 - 240% more particulates, lower levels of nitrogen oxides, and considerably higher levels of aldehydes than diesel.

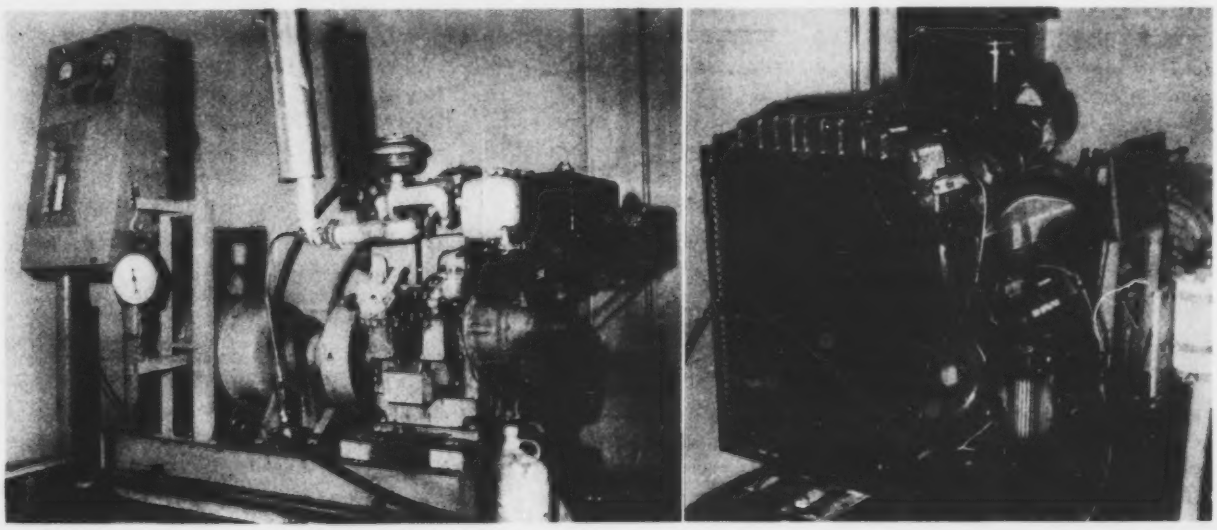
Dans des conditions de charge analogues, les carburants dérivés des huiles végétales émettent de 40 à 240% plus de matières particulaires, de plus faibles niveaux d'oxyde d'azote et beaucoup plus d'aldéhydes que le diesel.

Vegetable oil fuels and conventional diesel fuel equally supplied the energy to establish set power loads. Use of methyl ester caused excessive fuel dilution of the oil. With canola, dilution of the lubricating oil was within acceptable limits, oxidation of the lubricating oil to an acidic form increased, but there was no depletion of the alkali additives. This indicates that a different additive package may need to be developed for vegetable oils.

Les carburants à base d'huile végétale et le diesel classique fournissent de façon égale l'énergie nécessaire à l'établissement des charges d'électricité motrice. L'utilisation d'ester de méthyle provoque une dilution excessible de l'huile lubrifiante par le carburant. Avec le colza Canola, la dilution d l'huile se situe dans des limites acceptables, l'oxydation de l'huile en une forme acide augmente, mais on ne constate aucune déperdition des additifs à base d'alcalis, ce qui indique qu'un mélange différent d'additifs pourrait s'avérer nécessaire pour les huiles végétales.

When vegetable oil based fuels were used, there was a general increase (30 - 730%) in the concentration of all wear metals, showing that pistons, cylinder walls, rings, bearings and bushings all appear to be attacked. The results also show that canola is more corrosive than its ester derivative, particularly with respect to its effect on aluminum, iron and copper.

L'utilisation de carburants à base d'huile végétale produit un accroissement généralisé (30 à 730%) de l'usure de tous les métaux, et montre que les pistons, les parois des cylindres, les segments, les paliers et les coussinets semblent tous attaqués. Les résultats révèlent également que l'huile de colza Canola est plus corrisive que son dérivé ester, en particulier en ce qui a trait à son effet sur l'aluminium, le fer et le cuivre.



Engines in the test cell./Moteurs dans le compartiment d'essai.

| | | |
|---|---|---|
| Contractor- | J. Fallis, Millbrook, Ont. | -Entrepreneur |
| Project Leader- | J.A. Fallis | -Responsable du projet |
| Sci. Authority- | G.E. Timbers/R.P. Hocking, Eng. & Stat. Res. Inst. | -Expert scientifique |
| Project File No.- | 01843-7-0752 | -Numéro du projet |
| Serial No.- | OSZ77-00152 | -Numéro de série |
| Contract Cost- | $45,100 | -Coût du contrat |

## FARM SCALE ANAEROBIC DIGESTER FOR METHANE FROM HOG MANURE

### OBJECTIVES

To construct an anaerobic digester for the production of methane gas from hog manure on an operating hog farm, using an existing design. To collect and report on operational and management data. Later, to add gas collection and gas safety equipment.

### SUMMARY

Using a design that was intended to be simple to construct and operate, a reinforced concrete, cylindrical, 107 $m^3$ digester to supply 15-day retention time was built on site at the 95 sow, farrow to finish hog farm. Total cost (in 1977-78) was $16,400. The unit was constructed below grade, polystyrene insulated, equipped with a propane fueled heating system and a compressor to force gas from the head space through a tube and propellor system inside the tank to provide mixing.

Start-up and initial operation proceeded satisfactorily for 3 months at a loading rate of 1000 L/d. After this time, as loading was increased to 3600 L/d, problems began to occur. Problems were mainly due to corrosion and blockages, involving the mixing system, unloading system, temperature measurement instrumentation and the gas meter. Although some good operation was achieved, time demand for repairs and monitoring exceeded practical levels for such a farm operation. After 28 months of operation, a complete overhaul was required.

The overhaul included raising the interior heating grid off the floor to a height of one metre, enlarging the size of the unloading tube from 15.2 cm to 30.4 cm and relocating the boiler building away from the manure pit. Some of the changes were based on safety

## DIGESTEUR ANAÉROBIE EN PLEINE GRANDEUR POUR LA PRODUCTION DE MÉTHANE À PARTIR DE FUMIER DE PORCS

### OBJECTIFS

Construire un digesteur anaérobie pour la production de méthane à partir de fumier de porcs dans une porcherie en exploitation à l'aide d'un modèle existant. Recueillir des données d'exploitation et de gestion et faire rapport. Plus tard, greffer de l'équipement de collecte du gaz et de sécurité.

### RÉSUMÉ

Au moyen d'un modèle qui se veut simple à construire et à exploiter, un digesteur en béton armé, cylindrique, de 107 $m^3$ capable d'un temps de rétention de 15 jours a été construit sur l'emplacement d'une porcherie de naissage-engraissement de 95 truies. Le coût total (en 1977-1978) était évalué à 16 400 $. L'appareil a été construit sous le niveau du sol, en polystérène isolé, équipé d'un système de chauffage au propane et d'un compresseur pour pulser le gaz de l'espace de tête au moyen d'un système à turbine et d'une canalisation jusqu'au réservoir pour assurer l'agitation et le mélange.

Le démarrage et le rodage ont donné des résultats satisfaisants pendant trois mois à un taux de charge de 1000 L/jour. Après cette période, les problèmes ont commencé à surgir lorsque la charge a été portée à 3600 L/jour. Ces problèmes étaient principalement attribuables à la corrosion et au bourrage intéressant le système de mélange, le système d'évacuation, les appareils de mesure de la température et le compteur de gaz. Même si on est parvenu à obtenir un bon fonctionnement, le temps nécessaire pour effectuer les réparations et la surveillance a dépassé ce qu'il est pratique d'admettre pour ce genre d'exploitation agricole. Au cours de 28 mois d'exploitation, une révision complète a été nécessaire.

Cette révision a nécessité le soulèvement de la grille de chauffage intérieure du plancher jusqu'à une hauteur d'un mètre, l'augmentation du calibre du conduit d'évacuation de 15,2 à 30,4 cm et la réinstallation de la chaufferie loin de la fumière. Certaines des modifications apportées s'appuyaient

recommendations from a separate study (Contract No. 9-1928). Water seepage was noticed at the interior wall to roof joint of the digester and was repaired.

The digester was refilled and started during the spring of the second year after shut down. A pump was incorporated into the barn manure pit to premix the manure before it was fed into the digester. This procedure reduced blockages that had occurred during filling. Other problems continued such as manure settling inside the digester, requiring removal and cleaning of the mixer, and a leak in the heating grid of the propane fired boiler system, requiring a major shut down and pump-out procedure. The decision was taken to end this project in favor of digesters of different design that were being developed under other contracts.

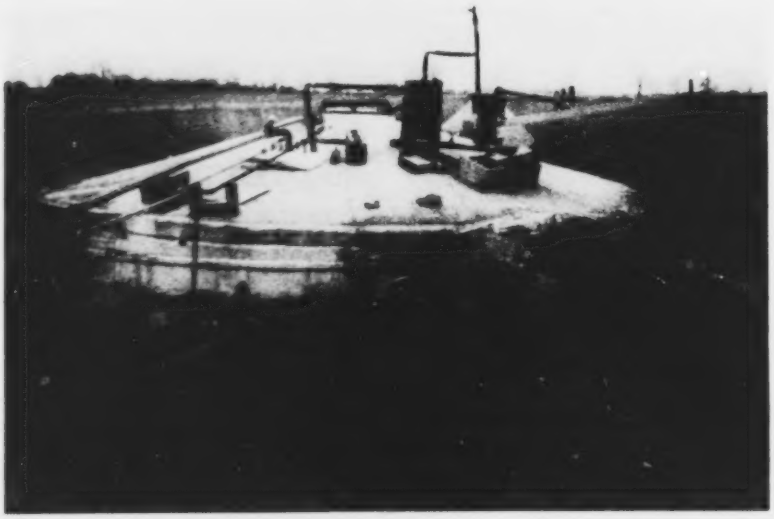
Associated Publication:

sur des recommandations de sécurité d'une étude distincte (contrat n° 9-1928). Des infiltrations d'eau ont été observées sur le mur intérieur au joint de raccord avec le toit du digesteur et les réparations nécessaires ont été effectuées.

Le digesteur a été rempli et démarré au cours du printemps de la seconde année après sa fermeture. Une pompe a été intégrée à la fumière pour prémélanger le fumier avant d'en alimenter le digesteur. Cette façon de procéder a réduit la fréquence des bourrages survenus au cours du remplissage. D'autres problèmes ont persisté comme le tassement du fumier à l'intérieur du digesteur, ce qui a nécessité l'enlèvement et le nettoyage du mélangeur, et une fuite dans la grille de chauffage de la chaudière au propane, ce qui a nécessité un arrêt majeur de fonctionnement et des travaux de pompage. On a décidé de mettre fin à ce projet en faveur de digesteurs d'une conception différente mis au point en vertu d'autres contrats.

Publication de ce travail:

Hocking, R.P.; Timbers, G.E.; Fallis, J. 1984. A Farm Scale Anaerobic Digester. Phase I. Construction Start up and Operation: Eng. Stat. Res. Inst., Agriculture Canada, Rep. No. I-673, 21 pp.



Digester located at the farm site.
Digesteur en vraie grandeur.

| | | |
|---|---|---|
| Contractor- | Geobi Inc., Candiac, Québec | -Entrepreneur |
| Project Leader- | F.W. Benoit, President | -Responsable du projet |
| Sci. Authority- | P. Van Die, Eng. & Stat. Res. Inst. | -Expert scientifique |
| Project File No.- | 01843-9-1901 | -Numéro du projet |
| Serial No.- | OSZ79-00060 | -Numéro de série |
| Contract Cost- | $ 63,645 | -Coût du contrat |

## A FARM-SCALE ANAEROBIC-AEROBIC DIGESTER TO PRODUCE BIOGAS FROM AGRICULTURAL PLANTS, CROP RESIDUES AND ANIMAL WASTES

### OBJECTIVES

To design a complete Canadian farm-scale system to safely produce biogas and other energy from animal and vegetable wastes by:

a) evaluating the feasibility of anaerobic degradation of agricultural plants and field residues providing heat to support a biogas digester.

b) integration and evaluation of the application of existing technologies to a farm-scale system based on aeroby ($T°$ from vegetable waste) and anaeroby ($CH_4$ from animal manure) combined system which will digest different types of animal waste in a system that will require low maintenance and minimum attention by a farmer operator.

c) preparing the specifications and drawings of a combined aerobic-anaerobic digester system suitable for a farm-scale demonstration in the Napierville area.

### SUMMARY

A few representative references were collected describing recent (as of 1980) developments and applications of digestion processes in Canada, U.S.A. and various other countries. From this information, a concept was developed that hoped to combine the most viable design features available, and apply all forms of energy use including electricity generation, heat recovery, and fertilizer and feed production. The digester configuration was intended to be a

## UN DIGESTEUR ANAÉROBIE-AÉROBIE EN VRAIE GRANDEUR POUR PRODUIRE DU BIOGAZ À PARTIR DE PLANTES AGRICOLES, DE RÉSIDUS DE CULTURE ET DE DÉCHETS ANIMAUX

### OBJECTIFS

Concevoir un système canadien complet en vraie grandeur pour produire du biogaz sans danger et d'autres formes d'énergie à partir de déchets animaux et végétaux, notamment:

a) évaluer la faisabilité de la dégradation anaérobie de plantes agricoles et de résidus de culture pour fournir la chaleur nécessaire au fonctionnement d'un digesteur producteur de biogaz.

b) intégrer et évaluer l'application des technologies existantes à un système en vraie grandeur combinant la dégradation aérobie (chaleur retirée des déchets végétaux) et anaérobie (métane tiré du fumier animal) capable de digérer divers types de déchets animaux et ne nécessitant que de rares travaux d'entretien et un minimum d'attention de la part de l'exploitant.

c) préparer la fiche technique et les plans d'un digesteur aérobie-anaérobie pouvant faire l'objet d'une démonstration en vraie grandeur à la ferme dans la région de Napierville.

### RÉSUMÉ

Quelques références représentatives décrivant les récents progrès (à compter de 1980) et applications de procédés de digestion au Canada, aux Etats-Unis et dans divers autres pays ont été réunies. A partir de cette information, on a ensuite formulé un concept qui, l'espérait-on, combinerait les caractéristiques de conception rentables et appliquerait toutes les formes d'utilisation de l'énergie, y compris la production d'électricité, la récupération de la chaleur et la production

concentric design to provide different compartments for different processes (aerobic, anaerobic) and different feedstocks (manure, plant residues).

Even though extensive design guidelines and conceptual drawings were assembled, the required design calculations, specifications and feasibility analysis was not accomplished. Therefore, Agriculture Canada had to decide not to continue the project and the follow-on work of building and operating a prototype digester for further study could not be achieved.

d'engrais et d'aliments du bétail. La configuration du digesteur devait être concentrique pour ménager des compartiments à divers procédés (aérobie, anaérobie) et à diverses matières premières (fumier, résidus de culture).

Même si les directives de conception et des plans conceptuels détaillés ont été regroupés, les calculs nécessaires à la conception, la fiche technique et l'analyse de faisabilité n'ont pas été effectués. Agriculture Canada a donc dû décider de ne pas poursuivre le projet, et le travail de suivi nécessaire à la construction et à l'exploitation d'un prototype de digesteur aux fins d'étude ultérieure n'a pu être exécuté.

| | | |
|---|---|---|
| Contractor- | Canviro Consultants Ltd., Kitchener, Ont. | -Entrepreneur |
| Project Leader- | R.J. Rush, P. Eng. | -Responsable du projet |
| Sci. Authority- | G.E. Timbers/D. Marshall, Eng. & Stat. Res. Inst. | -Expert scientifique |
| Project File No.- | 01843-9-1910 | -Numéro du projet |
| Serial No.- | 05Z78-00242 | -Numéro de série |
| Contract Cost- | $55,200 | -Coût du contrat |

## DESIGN AND ASSESSMENT OF A THERMOPHILIC FARM-SCALE METHANE DIGESTER

### OBJECTIVES

To design, operate and optimize a full-scale thermophilic anaerobic digester for beef cattle manure.

### SUMMARY

The project was located on Roslyn Park Farm, a 4500-head beef cattle feedlot producing 150 $m^3$ of liquid manure. Cost of energy and persistent odour were significant problems. Part of the project cost, mainly to construct the prototype system, was supplied by the DRECT program, Environment Canada. The digester was completed and operational in December 1980, and protein recovery began in August 1981.

The digester was designed to integrate with the existing manure handling system including solids/liquid separation. Solids were composted and sold separately. The liquid portion flows to an insulated 9.1 m diameter x 11 m high reinforced concrete tank, designed for a 10-day retention time and thermophilic or mesophilic operation. The biogas flows to steel storage tanks and on demand to a 60 kW dual-fuel (biogas and propane) boiler to generate steam. The digester effluent flows to a protein recovery unit based on a centrifuge and polymer conditioner. The recovered protein is used as a feed supplement, and the effluent spray irrigated.

The anaerobic digester and protein recovery system performed successfully under a wide variety of conditions. Anaerobic digestion of beef manure at mesophilic temperatures was more energy efficient than thermophilic operation. Addition of a supplementary carbon source, such as cheese whey, significantly increased biogas production and would make thermophilic operation more cost-effective.

## CONCEPTION ET ÉVALUATION D'UN DIGESTEUR À MÉTHANE THERMOPHILE POUR FERME

### OBJECTIFS

Concevoir, exploiter et optimiser un digesteur anaérobie thermophile de vraie grandeur pour le traitement de lisier de bovins de boucherie.

### RÉSUMÉ

Le projet a été réalisé à la ferme Roslyn Park, un élevage bovin comptant 4,500 têtes et produisant 150 $m^3$ de lisier. Les frais d'énergie et les mauvaises odeurs y posaient de graves problèmes. Une partie des coûts du projet, principalement la construction du prototype, a été couverte par le Programme DRECT d'Environnement Canada. Le digesteur est terminé et est opérationnel depuis décembre 1980, et la récupération de protéines a commencé en août 1981.

Le digesteur a été conçu de manière à intégrer le système de manutention du lisier existant, y compris la séparation des solides et des liquides. Les solides sont compostés et vendus séparément. La portion liquide s'écoule dans un réservoir de béton armé isolé de 9.1 m de diamètre et de 11 m de hauteur, conçu pour une durée de rétention de 10 jours et une exploitation thermophile ou mésophile. Les bio-gaz sont acheminés jusqu'à des réservoirs de stockage en acier et, au besoin, jusqu'à une chaudière à deux combustibles (biogaz et propane) de 60 kW pour produire de la vapeur. Les effluents du digesteur circulent jusqu'à une unité de récupération des protéines constituée d'une centrifugeuse et d'un conditionneur polymère. Les protéines récupérées sont utilisées comme compléments alimentaires et l'effluent est épandu par aspersion.

Le digesteur anaérobie et le système de récupération de protéines ont fonctionné efficacement dans des conditions très variées. La digestion anaérobie du lisier à des températures mésophiles offrait un meilleur rendement énergétique que l'exploitation thermophile. L'ajout d'une source de carbone supplémentaire telle que le lactosérum augmenterait considérablement la production de biogaz et rendrait le procédé thermophile plus rentable.

The anaerobic digestion process increased the ammonia level in the digester effluent by conversion of some organic nitrogen in the raw manure to ammonia. Ammonia, sodium and potassium levels for fertilizer use in the final processed manure were the same as the raw manure fed to the digester. Calcium and phosphorus levels were enriched in the recovered protein.

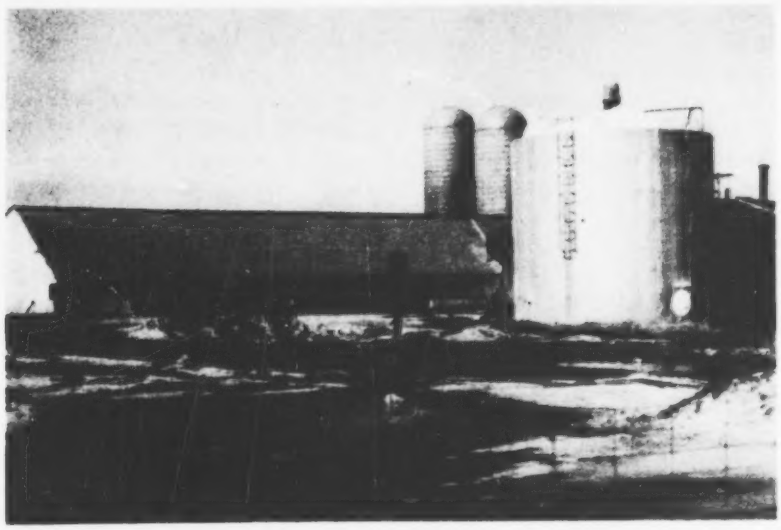
At identical retention times, thermophilic operation was more successful in reducing pathogens than mesophilic treatment. The recovered protein was fed to several hundred finishing cattle at a rate of 4 to 11% of the total ration dry matter, with no reported adverse effects.

The report considered that there was a net daily energy benefit of 8.97 to 14.37 GJ from the existing mesophilic system, treating 40% of the manure. Based on capital costs of $477,000 and annual operating costs of $95,500, this shows an operating loss of approximately $9,900 due to oversized equipment and loss of potential biogas revenues. An expanded system for treating 100% of the manure would have capital costs of $667,000, operating costs of $157,000 per year, and a payback period of 8.2 years. An anaerobic digestion and protein recovery system for a 500-head beef feedlot would have a capital cost of $145,000, annual operating costs of $35,500, and a payback period of 13 years.

La digestion anaérobie augmentait la teneur en ammoniac dans l'effluent du digesteur par la conversion d'une partie de l'azote organique contenu dans le lisier brut en ammoniac. Les teneurs en ammoniac, en sodium et en potassium dans le lisier traité et utilisé comme engrais étaient les mêmes que les teneurs du lisier brut fourni au digesteur. Les teneurs en calcium et en phosphore étaient enrichies dans les protéines récupérées.

Pour des durées de rétention identiques, le traitement thermophile éliminait plus efficacement les agents pathogènes que le traitement mésophile. Les protéines récupérées ont été fournies à plusieurs centaines de bovins à l'engraissement dans une proportion de 4 à 11% de leur ration globale en masse sèche sans poser de problèmes.

Selon le rapport, l'apport énergétique net du système mésophile existant, qui traite 40% du lisier, est de 8.97 à 14.37 GJ. Compte tenu des coûts d'immobilisation de $477,000 et des coûts annuels d'exploitation de $95,500, cela représente un déficit d'exploitation de $9,900 dû à un matériel surdimensionné et à la perte de revenus qui auraient pu être tirés du biogaz. Un système plus gros permettant de traiter 100% du lisier aurait un coût d'immobilisation de $667,000, des coûts d'exploitation de $157,000 par année et une période d'amortissement de 8.2 ans. Une installation de digestion anaérobie et de récupération de protéines pour un troupeau bovin de 500 têtes aurait un coût d'immobilisation de $145,000, des coûts d'exploitation annuels de $35,500 et une période d'amortissement de 13 ans.



Insulated digester tank on the farm site.
Réservoir digesteur calorifugé sur une ferme.

| | | |
|---|---|---|
| Contractor- | University of Western Ontario, London, Ont. | -Entrepreneur |
| Project Leader- | N. Kosaric, Chemical & Biochemical Engineering | -Responsable du projet |
| Sci. Authority- | R.D. Hayes, Eng. & Stat. Res. Inst. | -Expert scientifique |
| Project File No.- | 01843-0-BI02 | -Numéro du projet |
| Serial No.- | OSU80-00288 | -Numéro de série |
| Contract Cost- | $75,000 | -Coût du contrat |

## PRODUCTION OF FUEL ETHANOL BY FERMENTATION

### OBJECTIVES

To develop high alcohol yield processes by investigating and selecting substrates from suitable crop and waste sources, selecting, developing and optimising new microbial systems, lab testing the processes, and providing process and economic design information for a 100,000 gal/yr facility.

### SUMMARY

Fermentable substrates and non-conventional microorganisms for alcohol production were reviewed and various laboratory fermentation experiments were carried out. This information was extrapolated to produce a preliminary process design.

Jerusalem artichokes represent a superior source of carbohydrates (inulin) for the production of fuel ethanol. The carbohydrates can be extracted by water or by cheese whey. The cheese whey method gives a higher concentration of initial sugars and consequently a higher ethanol concentration in the beer. The extracted juice contains enough nutrients to be used for fermentation without any additives, and can also be used for other types of fermentations such as production of lactic acid, propionic acid, butanol, acetone and other metabolites.

K. marxianus ATCC 12708 can be used for industrial production of alcohol from Jerusalem artichokes and has a relatively high ethanol yield and ethanol specific production rate. It can also be used for chicory juice and fodder beet juice fermentation.

Continuous fermentation of the Jerusalem artichoke juice is possible, but high residence times are required because of lower specific growth rates. Inulase activity of the Jerusalem artichoke changes during storage, and is different for spring and fall harvests. Fall-harvested tubers do not possess adequate

## PRODUCTION D'ÉTHANOL COMBUSTIBLE PAR FERMENTATION

### OBJECTIFS

Mettre au point des procédés de haut rendement en alcool en recherchant et en choisissant des substrats appropriés, dérivés de végétaux et de déchets, en choi choisissant, en développant et en optimisant de nouveaux systèmes microbiens, en expérimentant les procédés en laboratoire et en recueillant de l'information sur la conception et l'économie d'une installation de 100 000 gallons par année.

### RÉSUMÉ

Les chercheurs ont procédé à une recherche documentaire sur des substrats fermentescibles et des microorganismes non classiques de la production d'alcool et effectué diverses expériences en laboratoire sur la fermentation. L'information recueillie a servi de base à la conception d'un premier procédé.

Le topinambour constitue une excellente source d'hydrates de carbone (inuline) pour la production d'éthanol combustible. Ces hydrates de carbone peuvent être extraits par l'eau ou par le lactosérum de fromagerie. L'extraction par le lactosérum conduit à une plus forte teneur en sucres initiaux et, par conséquent, à une plus forte concentration d'éthanol dans la bière. Le jus d'extraction renferme suffisamment d'éléments nutritifs pour être utilisé dans la fermentation sans aucun additif et peut aussi servir dans d'autres types de fermentation, comme la production d'acide lactique, d'acide propionique, de butanol, d'acétone et d'autres métabolites.

K. marxianus ATCC 12708 peut être employé pour la production industrielle d'alcool à partir du topinambour avec un rendement en éthanol et un taux de production spécifique d'éthanol relativement élevés. Il peut également entrer dans la fermentation du jus de chicorée et de la betterave fourragère.

La fermentation en continu du jus de topinambour est possible, mais le temps de séjour est long en raison de plus faibles taux de croissance spécifiques. L'activité de l'inulase du topinambour change à l'entreposage et varie entre les récoltes de printemps et d'automne. L'activité de l'inulase dans les tubercules d'automne n'est pas assez forte pour

levels of inulase activity to achieve enzymatic hydrolysis of the carbohydrate.

Based on literature data and the laboratory results, a batch process to produce 100,000 U.S. gal/yr of 190 proof ethanol was developed. Juice obtained by either water or cheese whey extraction of Jerusalem artichoke tubers was used as the fermentation substrate. The juice was enzymatically hydrolyzed (by inulase present in the tubers) and was not sterilized prior to fermentation. The selected yeast was Kluyveromyces marxianus ATCC 12708 for water-extracted juice, and K. marxianus ATCC 12708 mixed with K. fragilis 105 for the juice extracted by cheese whey.

A comparison for different plant sizes showed that the cost for production of fuel ethanol from Jerusalem artichokes is presently (1981) acceptable. Larger plants appear to be more economical than smaller plants. The cost of raw tubers was estimated at CAN $12 per tonne at the plant, credits for by-products were based on protein content, and capital and operating costs estimated from the literature.

provoquer l'hydrolyse enzymatique des hydrates de carbone.

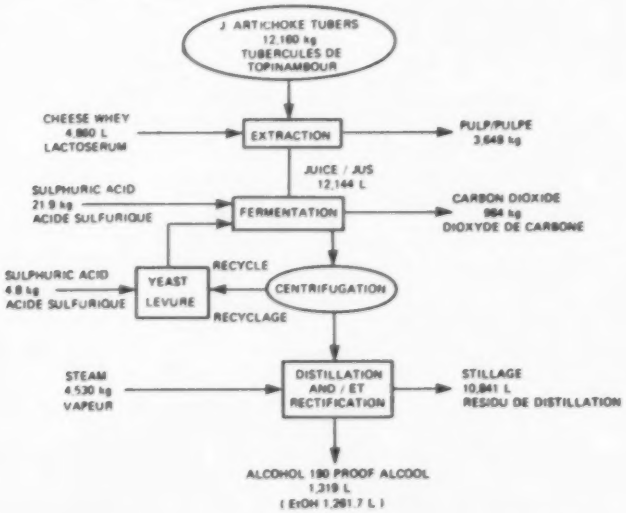
À partir de données extraites de la documentation et des résultats de laboratoire, un procédé discontinu de production de 100 000 gallons US par année d'éthanol 190 proof a été mis au point. Le jus obtenu par extraction de la pulpe de tubercules de topinambour, par l'eau ou par le lactosérum a été utilisé comme substrat de fermentation. Le jus a été hydrolysé par voie enzymatique (par l'inulase présente dans les tubercules) et n'a pas été stérilisé avant la fermentation. La levure choisie était Kluyveromyces marxianus ATCC 12708 pour la fermentation du jus d'extraction par l'eau et K. marxianus ATCC 12708 mélangé à K. fragilis 105 pour le jus d'extraction par le lactosérum de fromagerie.

La comparaison d'entreprises de tailles différentes montre que le coût de production de l'éthanol combustible à partir du topinambour est actuellement (1981) acceptable. Les plus grandes entreprises semblent plus économiques que les plus petites. Le coût des tubercules crus est estimé à 12 $ canadiens la tonne à l'usine, les crédits pour sous-produits ont été évalués à partir de la teneur en protéines, et les coûts d'investissement et d'exploitation estimés à partir de documents disponibles.

Associated Publications:

1. Duvnjak, Z.; Kosaric, N.; Hays, R.D. 1981. Kinetics of ethanol production from Jerusalem artichoke juice with some Kluyveromyces species. Biotechnol. Letters, 3(10):589-594.
2. Duvnjak, Z.; Kosaric, N.; Hayes, R.D. 1981. Fuel ethanol and single cell proteins from Jerusalem artichoke (Helianthus tuberosus). Assoc. of Microbiological Soc. of Yugoslavia, IV Congress, Beograd.
3. Duvnjak, Z.; Kosaric, N.; Kliza, S.; Hayes, R.D. 1982. Production of alcohol from Jerusalem artichokes by yeasts. Biotechnol. & Bioeng., 24:2297-2308.

Publications de ce travail:




Daily balance for a cheese whey extraction ethanol plant (100,000 U.S. gal/yr size).
Bilan quotidien d'une usine de production d'éthanol par extraction au lactosérum de fromagerie (100 000 gallons US par année).

| | | |
|---|---|---|
| Contractor- | Ontario Research Foundation, Mississauga, Ont. | -Entrepreneur |
| Project Leader- | D.K. Smith, Dept. of Applied Chemistry | -Responsable du projet |
| Sci. Authority- | R.D. Hayes/E. Manolakis, Eng. & Stat. Res. Inst. | -Expert scientifique |
| Project File No.- | 01843-0-8103 | -Numéro du projet |
| Serial No.- | 05Z81-00043 | -Numéro de série |
| Contract Cost- | $105,000 | -Coût du contrat |

## ASSESSMENT OF WET OXIDATION OF AGRICULTURAL RESIDUES TO FORM FERMENTATION SUBSTRATES

### OBJECTIVES

To develop and test a system that produces a fermentable substrate using acid hydrolysis reactors and wet oxidation. Determine through laboratory and pilot-scale testing, the design parameters for each of the system components; undertake a preliminary design of the system; and assess its economic viability for large farms and/or central farming communities.

### SUMMARY

The feasibility of utilizing steam and organic acids, generated by the wet combustion of lignin residues and/or swine manure, to serve as the energy and acid source for the hydrolysis of corn stover to fermentation substrates, was studied. Several different biomass conversion unit operations were investigated experimentally to assess the technical, and to a lesser degree, the economic viability of the individual processes. Resources did not permit investigating all combinations, and one whole unit (cellulose hydrolysis) could not be investigated. Two encouraging concepts developed were: Integrated wet oxidation of lignin - organic acid prehydrolysis; and oxidative hemicellulose hydrolysis.

Acetic Acid, one of the most abundant organic acids in wet oxidation effluents, was found to be effective in converting the hemicellulose fraction of corn stover to fermentable (by Candida Utilis) pentose sugars. Similarly, effluent from the wet oxidation of aspen lignin was used as the catalyst source, and a hemicellulose conversion efficiency of approximately 70% was attained. The cellulose fraction could not be hydrolyzed effectively using organic acids.

## ÉVALUATION D'UN PROCÉDÉ DE PRODUCTION DE SUBSTRATS FERMENTESCIBLES PAR OXYDATION HUMIDE DE RÉSIDUS VÉGÉTAUX

### OBJECTIFS

Mettre au point et expérimenter un procédé de production d'un substrat fermentescible en utilisant des réacteurs d'hydrolyse acide et l'oxydation en milieu humide. Par des essais en laboratoire et en usine pilote, déterminer les paramètres de conception de chacune des composantes du procédé; mettre au point un premier prototype du procédé et évaluer sa viabilité économique dans les grandes entreprises agricoles ou les communautés des centres agricoles.

### RÉSUMÉ

Les chercheurs ont étudié les possibilités d'employer de la vapeur, comme source d'énergie, et des acides organiques issus de la combustion en milieu humide de résidus de lignine ou de fumier de porcins, pour transformer par hydrolyse le maïs fourrager en substrats fermentescibles. Plusieurs unités de conversion différentes de la biomasse ont été expérimentées pour évaluer la faisabilité technique des procédés pris distinctement et, dans une moindre mesure, leur viabilité économique. Les ressources disponibles ne permettaient pas d'étudier toutes les combinaisons et une unité entière (hydrolyse de la cellulose) n'a pu être évaluée. Deux techniques prometteuses ont été mises au point: l'intégration de l'oxydation en milieu humide de la lignine et de l'hydrolyse préalable par un acide organique et l'hydrolyse oxydative de l'hémicellulose.

L'acide acétique, un des acides organiques les plus abondants dans les effluents de l'oxydation en milieu humide, transforme efficacement la fraction hémicellulosique du maïs fourrager en pentoses fermentescibles (par Candida Utilis). De plus, l'effluent de l'oxydation en milieu humide de la lignine du tremble a été utilisé comme catalyseur, et un degré de transformation de l'hémicellulose d'environ 70% a été atteint. La fraction cellulosique n'a pu être hydrolysée efficacement par des acides organiques.

Lignin wet oxidation trials were encouraging. Mass and energy balances conducted around a hemicellulose hydrolysis-lignin wet oxidation coupled system suggested that sufficient acid and energy are generated in-situ, obviating the need for external requirements.

The effect of oxygen on the hydrolysis of the hemicellulose fraction of corn stover was also experimentally investigated. Results proved encouraging, but poor reproducibility of data precluded definitive conclusions on the applicability of the technology.

One system studied, wet oxidation of swine manure, would probably not logically be considered for incorporation into an agricultural residue to ethanol flowsheet. This system may best be confined to large, independent swine feedlots, where a credit could be realized for its waste disposal possibilities. The soluble, partially oxidized Wetox effluent could thereafter be passed through a high rate anaerobic filter for on-farm methane recovery.

Economic assessments of these concepts were compared with other biomass to ethanol flowsheets. Because of unknowns about full-scale operation of the processes, conclusive comparisons could not be made.

Les essais sur l'oxydation en milieu humide de la lignine ont été encourageants. Des bilans de matière et d'énergie réalisés pour un système combiné, hydrolyse de l'hémicellulose-oxydation en milieu humide de la lignine, laissent croire qu'il se forme suffisamment d'acide et d'énergie dans le milieu de réaction pour que le recours des sources externes soit inutile.

Les chercheurs ont aussi évalué expérimentalement l'effet de l'oxygène sur l'hydrolyse de la fraction hémicellulosique du maïs fourrager. Les résultats se sont avérés encourageants, mais en raison de la piètre reproductibilité des données, il serait hasardeux de tirer des conclusions définitives sur l'applicabilité de la technique.

Un des procédés étudiés, l'oxydation humide du fumier de porcins, ne sera peut-être pas logiquement incorporé dans un diagramme de production d'éthanol à partir de résidus agricoles. Ce procédé serait de préférence réservé aux grands parcs d 'engraissement indépendants qui en tireraient profit du fait que leurs déchets seraient ainsi éliminés. L'effluent soluble, partiellement oxydé de l'oxydation en milieu humide serait par la suite passé à travers un filtre anaérobie, à haut débit, pour l'extraction du méthane à la ferme.

Les évaluations économiques de ces techniques ont été comparées à celles d'autres méthodes de production d'éthanol à partir d'éléments de la biomasse. Des comparaisons concluantes n'ont pu être faites en raison du nombre d'inconnues sur l'application à grande échelle des procédés.

Parr 2-L autoclave used for the batch wet oxidation tests.
Autoclave Parr de 2 L utilisé dans les essais sur l'oxydation discontinue en milieu humide.

| | | |
|---|---|---|
| Contractor- | Technical University of Nova Scotia, Halifax, Nova Scotia | -Entrepreneur |
| Project Leader- | R.G. Woodside, Centre for Energy Studies | -Responsable du projet |
| Sci. Authority- | R.D. Hayes/E. Manolakis, Eng. & Stat. Res. Inst. | -Expert scientifique |
| Project File No.- | 01843-1-EL10 | -Numéro du projet |
| Serial No.- | OSU81-00512 | -Numéro de série |
| Contract Cost- | $115,500 | -Coût du contrat |

## EVALUATION OF A SINGLE STAGE CONTINUOUS AIRLIFT FERMENTER

### OBJECTIVES

To obtain a University of Manchester airlift fermenter, and optimize and evaluate its operation using a variety of agricultural feedstocks. Perform a technical and economic systems analysis and assessment of two sizes of such alcohol fuel production plants.

### SUMMARY

A novel continuous gas-lift fermentation system developed by the University of Manchester, England, was scaled up and evaluated for its suitability in alcohol production units utilizing agricultural biomass feedstocks such as potato culls, fodder beets, cheese whey, etc. A technical and economic system analysis and assessment of fuel alcohol production plants based on the gas-lift fermenter concept for approximately 900,000 and 5,000,000 L/a scales of operation was performed and compared to conventional batch fermentation.

A continuous starch conversion process developed at the Technical University of Nova Scotia was linked to the 125-L single-stage gas-lift continuous fermentation process. The 125-L reactor vessel was a preliminary scale-up of a six-litre laboratory-scale gas-lift fermenter. The combined system was tested and evaluated for performance on various feedstocks and much practical knowledge was gained about the design requirements.

In the Process Development Unit, utilizing potato cullage, feedstock mash undergoes enzymatic saccharification prior to fermentation. With the gas-lift fermenter, a system fluidization (mixing) is provided

## ÉVALUATION D'UN FERMENTEUR À CIRCULATION D'AIR ASCENDANTE POUR LA PRODUCTION CONTINUE

### OBJECTIFS

Obtenir de l'Université de Manchester un fermenteur à circulation d'air ascendante, en optimaliser et en évaluer le fonctionnement en utilisant divers fourrages agricoles. Procéder à une analyse économique et technique de deux de ces installations, de taille différente, produisant du combustible d'alcool.

### RÉSUMÉ

Un nouveau système de fermentation continue par extraction au gaz, développé par l'Uni versité de Manchester en Angleterre, a été mis à l'échelle et évalué pour déterminer s'il convient à la production d'alcool en utilisant des fourrages de biomasse agricole tels les déchets de pommes de terre, les betteraves fourragères, le fromage de petit lait, etc. On a procédé à une analyse et à une évaluation du système technique et économique d'installations produisant du combustible d'éthanol à partir d'un concept de fermentation à circulation de gaz ascendante fonctionnant à des échelles d'environ 900 000 L/a et 5000 000 L/a. Ce système a été comparé à la fermentation conventionnelle en discontinu.

Un procédé de conversion continue de la fécule, développé à l'Université Technique de la Nouvelle-Ecosse a été relié au procédé de fermentation continue à circulation de gaz ascendante (125-L). La cuve de réacteur de 125 L était un agrandissement préliminaire d'un modèle de laboratoire: un fermenteur par extraction au gaz, d'une capacité de six litres. La combination des deux systèmes a été mise à l'essai et son rendement évalué pour divers fourrages. De nombreuses connaissances pratiques sur les exigences de ce système ont été acquises.

Dans l'installation de mise au point des procédés, utilisant des déchets de pommes de terre, la pâte de fourrage est soumise à une saccharification enzymatique avant la fermentation. Avec le fermenteur à circulation de gaz ascendant, un système de

by the recompression of evolved gases ($CO_2$). An extremely flocculent variety of Saccharomyces uvarum is utilized. The design of the reactor and the properties of the organism are closely interdependant. The system provides adequate mixing of the flocculent yeast while allowing circulation of the yeast liquor through a zone of gravity separation so that all the yeast is retained in the fermenter.

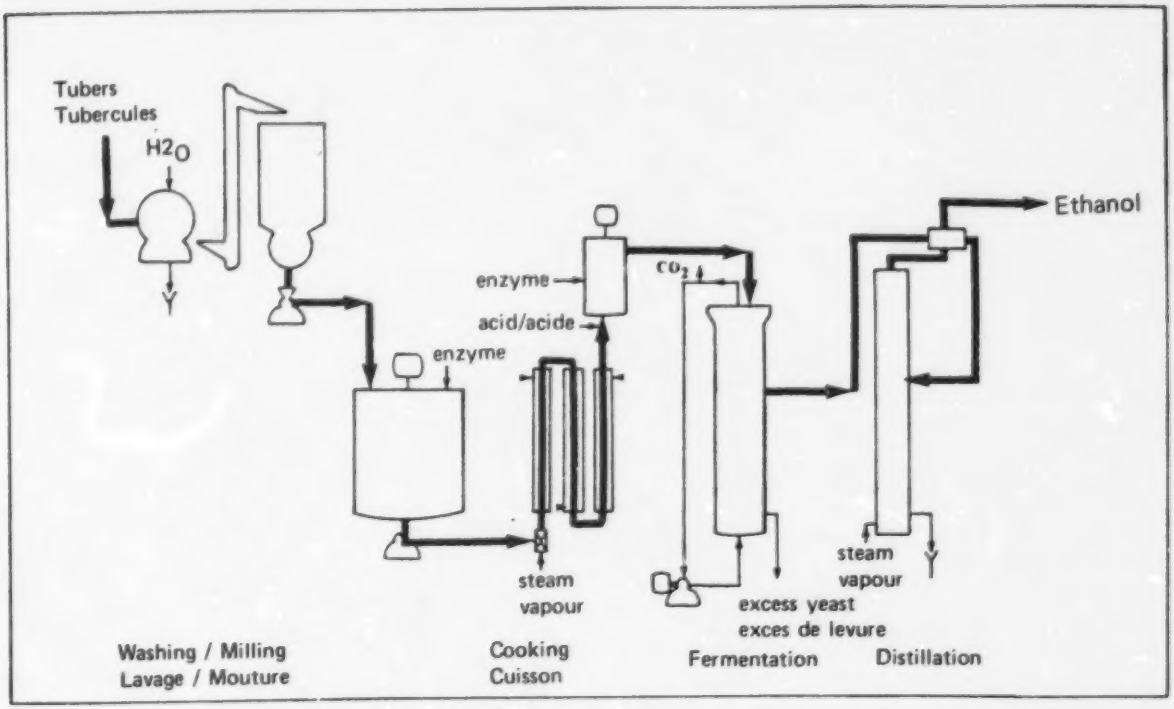
At 100 g/L on a dry basis the biomass retained in the fermenter is high and close to the maximum possible for good mixing. Potato to ethanol yields were approximately 100 L/t and sugar to ethanol conversion approximately 95% of theoretical.

The technical and economic study concluded that where potato culls are available for $22/t in sufficient quantities, the estimated production costs for a plant producing 20,000 L/d over a 270 day campaign are below the current wholesale price of gasoline in the Maritime Provinces.

fluidification (mélange) est fourni par la recompression des gaz émis ($CO_2$). Une variété extrêmement floculeuse de Saccheromyces uvarum est utilisée. La conception du réacteur et les propriétés de l'organisme sont intimement interdépendantes. Le système fournit un mélange adéquat de levure floculeuse tout en permettant la circulation de la liqueur de levure dans une zone de séparation gravimétrique de sorte que la levure soit retenue dans le fermenteur.

A 100 g/L (poids anhydre), la biomasse retenue dans le fermenteur est élevée et près du maximum possible pour un bon mélange. Les rendements de la pomme de terre en éthanol étaient d'environ de 100 L/t et la conversion du sucre en éthanol d'environ 95% du rapport théorique.

L'étude technique et économique a conclu que lorsque les déchets de pommes de terre étaient disponibles en quantité suffisante à 22 $/t, les coûts de production évalués pour une installation produisant 20 000 L/jour pendant une campagne de 270 jours sont au-dessous du prix de gros courant de l'essence dans les provinces maritimes.




The Univ. of Manchester reactor in the proposed plant.
Le réacteur de l'Université de Manchester dans l'installation proposée.

| | | |
|---|---|---|
| Contractor- | Acres Consulting Services Ltd., Niagara Falls, Ont. | -Entrepreneur |
| Project Leader- | G.W. Bethune | -Responsable du projet |
| Sci. Authority- | R.D. Hayes/E. Manolakis, Eng. & Stat. Res. Inst. | -Expert scientifique |
| Project File No.- | 01843-2-EL16 | -Numéro du projet |
| Serial No.- | OSZ82-00044 | -Numéro de série |
| Contract Cost- | $81,200 | -Coût du contrat |

## STUDY OF A FUEL ETHANOL PLANT USING VAPOUR RECOMPRESSION DISTILLATION

### OBJECTIVES

To derive costs and perform sensitivity analysis of farm and industrial scale fuel ethanol plants based on information from various sources, including the effect of vapour recompression technology.

### SUMMARY

A cooperative size plant (0.76 ML/a production) and an industrial size plant (38 ML/a production) were selected as reference cases, and energy requirements and cost data were developed. The azeotropic distillation systems of these plants were then revised to incorporate vapour recompression (heat pump) and the energy requirements and cost data reassessed.

Financial models were also developed and the sensitivity of levelized costs of production of ethanol to fuel costs, corn feedstock price, distillers dried grain price, plant availability and discount rate determined.

In small plants where it is not feasible to utilize an integrated energy approach for distillation, the introduction of vapour recompression results in reduced energy requirements with payback period of approximately 2 years.

In large installations, an integrated energy design for the azeotropic and dehydration steps in the distillation sections of the plant can be used to reduce energy. The use of vapour recompression for the azeotropic step and conventional distillation for the dehydration step is less economical than the integrated approach. For the two approaches, the economic margin of difference is small, however, and is due to

## ÉTUDE D'UNE INSTALLATION UTILISANT LA DISTILLATION À RECOMPRESSION DE VAPEUR POUR LA PRODUCTION DE COMBUSTIBLE D'ÉTHANOL

### OBJECTIFS

Calculer les coûts et effectuer une analyse de sensibilité pour des installations de production de combustible d'éthanol à l'échelle de la ferme et à l'échelle industrielle, à partir d'informations provenant de diverses sources, et incluant les effets de la technologie de recompression de vapeur.

### RÉSUMÉ

Une installation modeste pour coopérative (produisant 0,76 ML/a) et une installation industrielle (produisant 38 ML/a) ont été sélectionnées comme cas de référence, et on en a étudié les besoins en énergie ainsi que les données relatives aux coûts. Les systèmes de distillation azéotrope de ces installations ont été ensuite révisés pour y incorporer la recompression de vapeur (par thermopompe), puis on a réévalué les exigences énergétiques et les données relatives aux coûts.

On a aussi élaboré des modèles financiers et déterminé la sensibilité de l'étalement des coûts de production de l'éthanol par rapport aux frais de combustible, au prix du maïs de fourrage, au prix du résidu de la distillation des grains, à la disponibilité des plantes et au taux d'escompte.

Dans les petites installations, où il n'est pas faisable d'adopter une approche énergétique intégrée pour la distillation, l'introduction de la recompression de vapeur entraîne une réduction des besoins énergétiques, avec une période de rentabilisation d'environ deux ans.

Dans les grandes installations, une conception énergétique intégrée pour les étapes azéotropes et de déshydratation, dans les sections où est effectuée la distillation, peut servir à réduire l'énergie. L'utilisation de la recompression de vapeur pour l'étape azéotrope et celle de la distillation conventionnelle pour l'étape de déshydratation sont moins économiques que l'approche intégrée. Cependant, pour les deux approches, la marge de différence économique est petite et elle est due, pour le système de

the additional capital investment for the vapour recompression distillation system and the high energy costs associated with the dehydration step. The conventional dehydration step used in the study utilizes proven technology and involves azeotropic distillation with benzene as an entrainer.

Recent developments in molecular sieve design suggest that vapour recompression distillation coupled with molecular sieve dehydration would yield lower fuel alcohol production costs than an integrated design.

The application of vapour recompression distillation should be considered for the azeotropic step in both cooperative and industrial size fuel ethanol distillation plants. Theoretically, its application is not limited by plant size; however, the capacity of the cooperative size plant is limited by stillage disposal and practical minimum flows. To consume the stillage output from a 0.76 ML/a ethanol plant, a nearby herd of approximately 1,500 cattle or 4,500 hogs is required. Thus, a practical upper limit of such a plant in Canada is judged to be 1.5 ML/a.

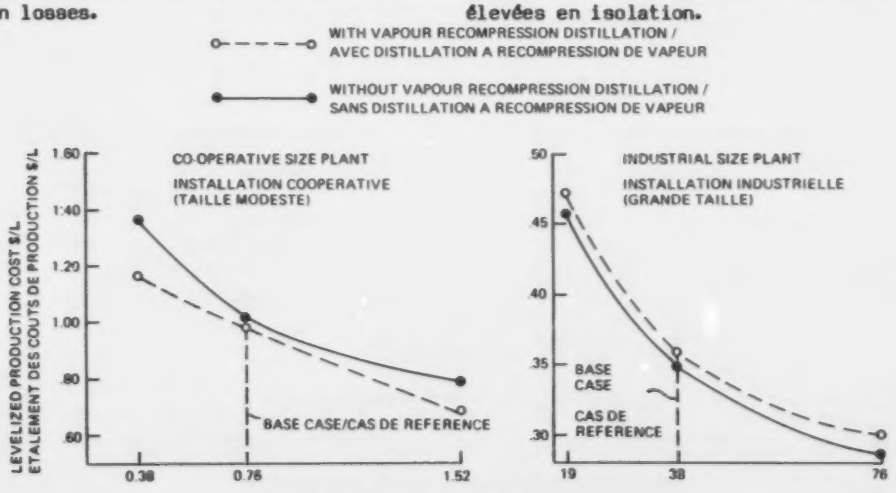
At the lower end of the scale, a minimum capacity is judged to be approximately 0.5 ML/a to avoid difficulties in process control, abnormally small pipelines and high insulation losses.

distillation à recompression de vapeur, au capital supplémentaire investi et, pour l'étape de déshydratation, aux coûts en énergie. Dans cette étude, l'étape conventionnelle de déshydratation emploie une technologie qui a fait ses preuves et inclut la distillation azéotropique, avec du benzène comme agent entraînant.

De récents progrès dans la conception des tamis moléculaires suggèrent que les coûts de production combustible d'alcool seraient plus bas que dans la conception intégrée, lorsque la distillation à recompression de vapeur est accouplée à la déshydratation par tamisage moléculaire.

L'application de la distillation à recompression de vapeur devrait être considérée pour l'étape azéotropique dans les installations, tant coopératives qu'industrielles, de distillation de l'éthanol. Théoriquement, son application n'est pas limitée par la taille de l'installation; cependant, la capacité d'une installation coopérative est limitée par l'évacuation des eaux de traitement et les écoulements minimums pratiquement réalisables. Pour consommer les eaux de traitement évacuées par une installation produisant 0,76 ML/a d'éthanol, il faut avoir à proximité un troupeau de 1 500 têtes de bétail ou de 4 500 porcs. Donc, la limite supérieure pratique considérée, pour une telle installation au Canada, est de 1,5 ML/a.

Tout en bas de l'échelle, on estime que la capacité minimale est d'environ 0,5 ML/a, si on veut éviter des difficultés dans le contrôle du processus, des canalisations anormalement petites et des pertes élevées en isolation.




Levelized production cost (present value of operating and investment costs divided by the present value of total plant life production) sensitivity to plant capacity.
Sensibilité de l'étalement des coûts de production (valeur actuelle des frais d'investissement et d'opération, divisée par la valeur actuelle de la production totale pendant la durée d'existence de l'installation) par rapport à la capacité de l'installation.

| | | |
|---|---|---|
| Contractor- | Enersearch, Saskatoon, Sask. | -Entrepreneur |
| Project Leader- | B. Dykes | -Responsable du projet |
| Sci. Authority- | M.A. Stumborg, Swift Current Research Station | -Expert scientifique |
| Project File No.- | 01843-1-ER02 | -Numéro du projet |
| Serial No.- | OSZ81-00069 | -Numéro de série |
| Contract Cost- | $76,800 | -Coût du contrat |

## ASSESSMENT OF MILKWEED AS A POTENTIAL RENEWABLE ENERGY CROP

### OBJECTIVES

To evaluate Showy Milkweed for agronomic, processing, residue feeding and chemical properties, through plot production on saline and non-saline soils, feeding trials with ruminant animals, and laboratory tests.

### SUMMARY

The research carried out showed that it is technically possible to cultivate Showy Milkweed (Asclepias Speciosa), to harvest the plant biomass and extract from it a "whole plant oil" which can be used to produce specification liquid fuels. While the removal of this whole plant oil may provide an important energy or chemical raw material resource, it is not the major product. Therefore, the value of the residual biomass plays, and will continue to play, an integral role in the future development of the plant as an "energy crop"

More detailed comments include:

- Showy Milkweed can successfully be propagated from either seed or root sections, and has an annual biomass prodution potential of 3.5 - 4.0 t/ha (dry matter) in Saskatchewan.
- Showy Milkweed contains a whole plant oil which can be removed by solvent extraction of the plant biomass after drying and grinding. Oil yields range from 4 to 25% of the original dry plant weight, but pilot plant extraction efficiency was poor (57 to 68%).
- While Showy Milkweed plant biomass shows a potential as a ruminant animal feed, it contains a toxic factor (that can be removed by exhaustive alcoholic extraction).

## ÉVALUATION DE LA BELLE ASCLÉPIADE COMME SOURCE D'ÉNERGIE RENOUVELABLE

### OBJECTIFS

Évaluer la belle asclépiade sous les aspects de l'agronomie, du traitement, de l'alimentation par ses résidus et de ses propriétés chimiques par des cultures localisées sur sols salins et non salins, des essais d'alimentation de ruminants et des tests en laboratoire.

### RÉSUMÉ

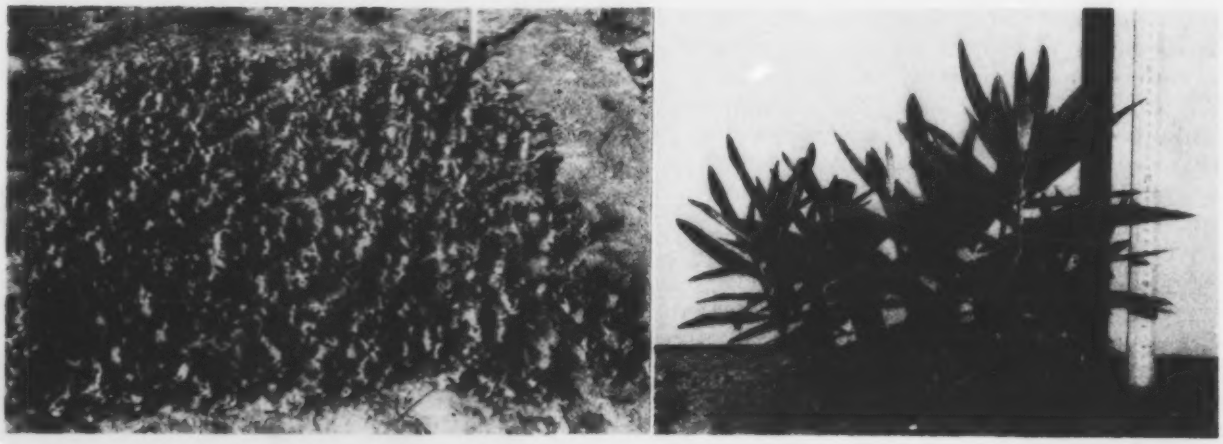
La recherche effectuée démontre qu'il est possible de cultiver la belle asclépiade (Asclepias Speciosa) afin d'en récolter la biomasse et d'en extraire une huile de plant entier pouvant servir à la production de certains combustibles liquides. Bien que l'huile ainsi extraite puisse constituer une importante source d'énergie et de matière première pour l'industrie chimique, elle ne constitue qu'un produit secondaire. Par conséquent, la valeur de la biomasse résiduelle joue et continuera à jouer un rôle important dans le développement éventuel de cette plante comme "culture énergétique".

Les commentaires plus détaillés sont les suivants:

- La belle asclépiade se reproduit avec succès par ensemencement ou par plantation de racines et sa capacité de production de biomasse est de 3,5 à 4,0 t/ha (matière sèche) par année en Saskatchewan.
- La belle asclépiade contient une huile de plant entier récupérée par extraction au solvant de la biomasse de la plante après séchage et mouture. L'huile extraite constituait de 4 à 25% de la masse initiale du plant sec, mais le rendement d'extraction de l'usine pilote était faible (57 à 68%).
- La biomasse de la belle asclépiade offre un certain potentiel comme aliment pour ruminants, mais elle contient un élément toxique (qui peut être éliminé par un extraction complète à l'alcool).

- The whole plant oil removed by hexane solvent extraction could successfully be processed using conventional fluidized catalytic cracking technology. The product distribution is intermediate between light Arabian and Western Canadian reduced crudes.
- While mechanical processing was successfully used to produce a fiber enriched fraction, it was not possible to produce significant yields of a protein enriched material with a crude fiber content below 10%.
- Enzymatic hydrolysis studies showed a 67% dry matter solubilization of solvent extracted milkweed biomass with a 40% dry matter conversion to reducing sugars and soluble carbohydrates.
- Water retted milkweed stem fiber as a pulping feedstock, in comparison to flax fiber pulped under similar conditions, had a slightly better pulping yield, a comparable burst value, a higher tensile strength but a slightly lower tear strength.
- The economic and energy costs showed that extraction of whole plant oils would be viable only if the extracted plant oil could be used for more than a mere liquid fuel extender/substitute (i.e., as an octane improver, etc.) or if the extraction process improves the quality of the extracted biomass as either a feed or fermentation raw material.

- L'huile de plant entier obtenue par extraction à l'hexane pourrait être traitée avec succès par la technologie traditionnelle du craquage catalytique en lit fluidisé. Le produit obtenu se situe entre le brut léger arabe et le brut réduit de l'Ouest canadien.
- Malgré le succès obtenu par le traitement mécanique pour produire une fraction plus riche en fibres, il n'a pas été possible d'obtenir une production importante de matière riche en protéines avec une teneur en fibres brute inférieure à 10%.
- Les essais d'hydrolyse enzymatique ont donné une solubilisation à 67% (masse sèche) de la biomasse extraite par solvant dont 40% (masse sèche) était convertie en sucres réducteurs et en hydrocarbures solubles.
- Les fibres de tige de la belle asclépiade rouies à l'eau et réduites en pâte, en comparaison des fibres de lin réduites en pâte dans les mêmes conditions, présentaient une rendement de pâte légèrement supérieur, une résistance à l'éclatement comparable, une résistance à la traction supérieure, mais une résistance à la déchirure légèrement inférieure.
- Les coûts d'énergie et les autres aspects financiers démontrent que l'extraction des huiles de plant entier serait viable si l'huile extraite pouvait être utilisée autrement que comme simple produit de remplacement ou de coupage de combustibles liquides (comme antidétonant par exemple) ou si le procédé d'extraction permettent d'améliorer la qualité de la biomasse extraite comme produit d'alimentation ou comme matière brute de fermentation.



Showy Milkweed/Belle asclépiade

| | | |
|---|---|---|
| Contractor- | Forintek Canada Corp., Ottawa, Ont. | -Entrepreneur |
| Project Leader- | D.R. Huffman, Eastern Laboratory | -Responsable du projet |
| Sci-Authority- | D. Marshall/E. Manolakis, Eng. & Stat. Res. Inst. | -Expert scientifique |
| Project File No.- | 01843-1-ER07 | -Numéro du projet |
| Serial No.- | OSZ81-00092 | -Numéro de série |
| Contract Cost- | $65,500 | -Coût du contrat |

## TESTING AND ASSESSMENT OF THE SUKUP BIOMASTER CROP RESIDUE DRYING SYSTEM

## ESSAI ET ÉVALUATION DU SYSTÈME DE SÉCHAGE DE DÉBRIS VÉGÉTAUX "SUKUP BIOMASTER"

### OBJECTIVES

To purchase, set up and evaluate qualitative and quantitative operating parameters of a commercial (SUKUP Manuf. Co., Iowa) crop residue dryer using typical agricultural residues.

### OBJECTIFS

Acheter et installer un séchoir commercial de débris végétaux SUKUP Manuf. Co., Iowa utilisant des résidus de récoltes typiques et en évaluer les paramètres de fonctionnement.

### SUMMARY

A detailed qualitative and quantitative evaluation of a Sukup Biomaster system was carried out utilizing oat straw, Timothy straw and low- and high-moisture corn stover. Technical performance monitoring and evaluation included analyses of combustion products, estimation of thermal efficiency, determination of output capacity and calculation of material and energy balances. Ease of operation, degree of supervision and safety were also evaluated.

The vertical combuster unit is a refractory lined, single chamber with cyclonic overfire air via the induced draft of the directly connected main dryer fan. Combustion products are passed through a lava rock filter and mixed with tempering air before being ducted to a grain dryer. To permit process monitoring, ducts were installed on the inlet and outlet gas flow passages. Fuel feed is automatically controlled in response to an adjustable thermostat activated by a thermocouple located in the top of the combustion chamber. The unit was found to be a satisfactory system that can burn a variety of low-moisture crop residues to produce hot gas output for heating or drying applications.

Two modes of combustor feeding were evaluated. During automatic cyclic operation, combustor capacity and efficiency were similar for the three fuels tested, at

### RÉSUMÉ

Il a été procédé à une évaluation détaillée, qualitative et quantitative, d'un système Sukup Biomaster, en utilisant de la paille d'avoine, de la paille de timothe et des tiges de maïs de basse et haute humidité. Le contrôle et l'évaluation de la performance technique incluaient des analyses des produits de la combustion, l'évaluation du rendement thermique, la détermination de la capacité productive et le calcul du bilan énergétique et du bilan des matières. On a aussi évalué la facilité d'opération et le degré de supervision et de sécurité.

L'unique chambre de combustion est verticale et munie d'une garniture intérieure réfractaire où l'air cyclonique est réchauffé par tirage induit du ventilateur principal du séchoir, ce ventilateur étant directement accouplé. On fait passer les produits de la combustion par un filtre formé de roches de lave, puis ils sont mélangés à de l'air de mouillage avant d'être canalisés vers un séchoir à grain. Pour permettre le contrôle du processus, des conduits ont été installés sur le passage des écoulements de gaz (admission et échappement). L'alimentation en combustible est automatiquement contrôlée à l'aide d'un thermostat réglable, déclenché par un thermocouple situé au sommet de la chambre de combustion. On a estimé que l'appareil offre un système satisfaisant, capable de brûler divers débris végétaux de faible humidité pour produire un échappement de gaz chaud utilisable pour le séchage ou le chauffage.

Deux modes d'alimentation de la chambre de combustion ont été évalués. Pendant le fonctionnement cyclique automatique, la capacité et le rendement de la chambre de combustion étaient similaires pour les trois

76 kg/h and 73% respectively. This corresponds to an energy input of 1.4 GJ/h and an energy output of 1.0 GJ/h. Use of higher moisture content fuel (19% vs. 14%) reduced efficiency to 70%. Automatic cyclic feeding resulted in cyclic variation in temperature while continuous feeding gave higher temperatures and eliminated the short regular cycles. Continuous feeding also reduced particulate emissions from 1% - 1.5% of the input fuel on dry weight basis to about 0.3% and reduced CO emissions from greater than 50 ppm to trace levels.

Improvements suggested as a result of the evaluation included feed system speed control to give greater operating stability and reduced emission, better gas filtering to reduce particulate emissions, adjustable or automated excess air control to increase capacity and provide better combustion control, and redesigned ash removal method to reduce operator attention and improve system safety.

Overall, the unit met requirements and is considered suitable for application to drying using agricultural residues. It is available on the market and performs as represented by the manufacturer.

combustibles mis à l'essai: 76 kg/h et 73% respectivement. Ceci correspond à une énergie absorbée de 1,4 GJ/h et à une production d'énergie de 1,0 GJ/h. L'utilisation d'un combustible d'une humidité plus élevée (19% au lieu de 14%), réduisait le rendement à 70%. L'alimentation cyclique automatique entraînait une variation cyclique de la température alors que l'alimentation continue donnait de plus hautes températures et éliminait les cycles réguliers courts. L'alimentation continue réduisait aussi les émissions de solides de 1% - 1,5% (poids anhydre) à environ 0,3% du combustible absorbé et réduisait les émissions de CO, qui passaient de plus de 50 ppm à seulement quelques traces.

Les améliorations suggérées après l'évaluation incluaient: le contrôle de la vitesse du système d'alimentation, pour donner une plus grande stabilité de fonctionnement et pour réduire les émissions de solides; le contrôle réglable ou automatisé de l'excès d'air pour augmenter la capacité et fournir un meilleur contrôle de la combustion; et une nouvelle conception de la méthode d'évacuation des cendres pour réduire l'attention exigée de l'opérateur et améliorer la sécurité du système.

Dans l'ensemble, l'appareil a répondu aux exigences et on considère qu'il est apte à l'utilisation pour le séchage utilisant des déchets de récolte. Il est disponible sur le marché et fonctionne tel que décrit par le fabricant.

SUKUP Biomaster test installation (left); loading the feeder with corn stover (right).
Installation d'essai du SUKUP Biomaster (gauche); remplissage du dispositif d'alimentation avec des tiges de maïs (droite).

| | | |
|---|---|---|
| Contractor- | Centre de Recherche Industrielle du Québec, Ste-Foy, Qué. | -Entrepreneur |
| Project Leader- | D. Morrissette, ing. | -Responsable du projet |
| Sci. Authority- | R. Chagnon, Station de recherche, Saint-Jean | -Expert scientifique |
| Project File No.- | 01843-1-ER15 | -Numéro du projet |
| Serial No.- | OSD81-00178 | -Numéro de série |
| Contract Cost- | 115 900 $ | -Coût du contrat |

## DESIGN OF A SWINE MANURE DIGESTER

### OBJECTIVES

To design a prototype anaerobic digester for swine manure using new fixed film technology from National Research Council Canada. To develop tubes to support the film of bacteria inside the digester. To test the operation of a fixed film digester at an intermediate scale on a farm site.

### SUMMARY

The report includes a detailed schematic drawing of the system, production drawings, engineering calculations, along with equipment and instrumentation selection. The proposed system includes innovative aspects such as electricity generation by induction motor and utilization of a new type of fixed support. Digester discharge functions by hydrostatic head differential, eliminating the need for a level control. Effluent comes into a container designed for specific supplementary functions, that is to release an accidental overflow and to separate the foam sometimes carried along with the biogas, that could clog the conduits. A support grating for the fixed surfaces is well suited to a concrete digester and resists corrosion. The total cost is approximately $190,000 (in 1982).

After considering the basic design criteria for the new support, a round, 100-mm diameter tube containing a right-angle cross interior section was chosen. The tube is an extrusion of recycled, rigid PVC. The design attempts to maximize surface/volume and surface/weight ratios to maximize efficiency and minimize cost. It provides a large exposed surface and decreased clogging, as a support for the

## CONCEPTION D'UN DIGESTEUR DE LISIER DE PORC

### OBJECTIFS

Déterminer l'ingénierie d'un prototype de digesteur anaérobie de lisier de porc utilisant les nouveaux concepts (surfaces fixes) du Conseil National de recherches Canada. Concevoir des tubes pour supporter le film bactérien à l'intérieur du digesteur. Vérifier à une échelle intermédiaire le fonctionnement d'un digesteur à surfaces fixes dans les conditions réelles d'une ferme.

### RÉSUMÉ

Le rapport comprend un schéma détaillé du système, les plans de fabrication, les calculs d'ingénierie ainsi que le choix des équipements et de l'instrumentation. Le système proposé comporte plusieurs aspects innovateurs dont la génération d'électricité par moteur à induction et l'utilisation d'un nouveau type de surfaces fixes. La vidange du digesteur s'effectue par différence de tête hydrostatique, ce qui élimine le besoin d'un contrôle de niveau. L'effluent arrive dans une boîte spécialement conçue dont les fonctions supplémentaires sont de libérer un débordement accidentel et de séparer la mousse parfois entraînée avec le biogaz et qui colmaterait les conduits. Une grille de support des surfaces fixes est bien adaptée à un digesteur en béton et résiste à la corrosion. Le coût d'investissement total se situe à environ 190 000 $ (en 1982).

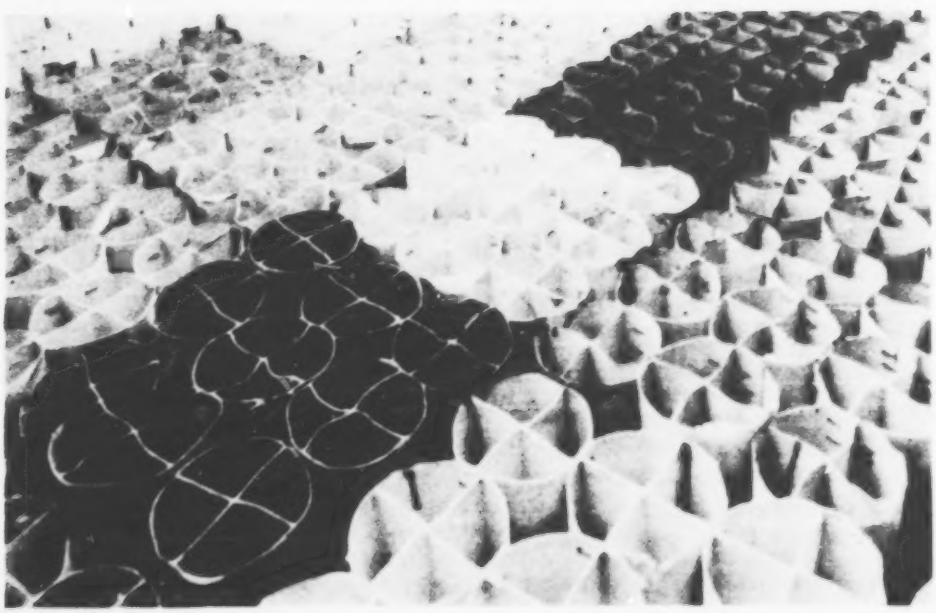
Après avoir considéré des critères de base pour la conception du nouveau support, un tube rond de 100 mm de diamètre possédant une croix à angle droit comme section intérieure a été choisie. Le tube est une extrusion de PVC rigide recyclé. La conception tente de maximiser le rapport surface/volume et surface/poids afin de maximiser l'efficacité et minimiser le coût. Il permet une exposition supérieure des surfaces et une diminution du colmatage

bacteria. The tube is light (37 kg/$m^3$), inexpensive ($120/$m^3$) and provides a large surface/volume ratio (100 $m^2/m^3$).

The tests at an intermediate scale (908 L) were achieved in a mobile fixed-film methane fermentation laboratory installed on a swine farm. A rotary, vibrating screen satisfactorily removed solids that could cause problems. Formation of a film of bacteria and its adhesion on the grooved PVC tubes seemed satisfactory since 50 to 60% of the surface area of the tubes was covered after a 4 month period. The new system should now be tested at full scale.

comme support de bactéries. Le tube est léger (37 kg/$m^3$), peu cher (120 $/$m^3$) et possède un grand rapport surface/volume (100 $m^2/m^3$).

Les tests à une échelle intermédiaire (908 L) ont été réalisés dans un laboratoire mobile de fermentation méthanique à surfaces fixes installé sur une ferme porcine. Un tamis vibrant de type giratoire a enlevé avec succès les solides qui pourraient causer des problèmes. La formation du film bactérien et son attachement sur les tubes de PVC rainurés semblent satisfaisants car 50 à 60% de la surface des tubes était recouverte après 4 mois d'utilisation. Ce nouveau système devrait maintenant être testé à grand échelle.



PVC tubes designed to support the film of bacteria.
Les tubes de PVC conçu pour supporter le film bactérien.

| | | |
|---|---|---|
| Contractor- | Bernier, Richard et Associés Inc., Montréal, Qué. | -Entrepreneur |
| Project Leader- | L. Bourdon | -Responsable du projet |
| Sci. Authority- | R. Chagnon, Station de recherches, St. Jean | -Expert scientifique |
| Project File No.- | 01916-3-ER36 | -Numéro du projet |
| Serial No.- | OSO83-00171 | -Numéro de série |
| Contract Cost- | 67 000 $ | -Coût du contrat |

## USE OF APPLE RESIDUES FOR FUEL

## UTILISATION DES RÉSIDUS DE POMME COMME COMBUSTIBLE

### OBJECTIVES

To study the feasibility of using apple wastes as fuel, through analysis and experimental trials in the laboratory and with a multi-fuel boiler.

### OBJECTIFS

Faire une étude de faisabilité d'utiliser des résidus de pomme comme combustible, faisant appel à des analyses et des essais expérimentaux en laboratoire et sur une chaudière polycombustible.

### SUMMARY

As apples are crushed to extract the juice, the solid portions formed by skins, core and pits are removed. As the nutritive value of these residues is too low to use as cattle feed, they are currently being trucked away to dump sites. At the same time, apple juice extraction plants require much energy for juice pasteurization and container sterilization. This energy is supplied by oil-fueled boilers.

A laboratory study determined the physical and chemical characteristics of apple residues, as well as the heating capacity of the residues at various moisture points. For example, at 50% moisture content the heating capacity of apple residues is 2000 kcal/kg which surpasses even that of black spruce wood.

A combustion experiment was conducted using a full size multi-fuel boiler. When received, the apple residues used had a moisture content of 80%. For the experiment they were dried down, using an alfalfa dryer, to 20%, 40% and 50% respectively. These combustion experiments lasted for ten days, during which time 15 tons of apple residues were burned.

Large quantities of ash were produced when burning the residues and it was necessary to remove them from the boiler every 16 hours in order to prevent a drop in efficiency.

### RÉSUMÉ

Lorsque des pommes sont pressées pour en extraire le jus, il reste un résidu solide formé par les pelures, les coeurs et les noyaux des pommes. Sa valeur alimentaire est trop faible pour qu'il soit servi à des animaux. Actuellement, il est transporté par camion jusqu'à un lieu d'enfouissement sanitaire où il est jeté. Les usines d'extraction de jus de pommes ont, par contre, un grand besoin d'énergie pour la pasteurisation du jus et la stérilisation des contenants. Cette énergie est fournie par des bouilloires alimentées avec de l'huile à chauffage.

Une étude en laboratoire a permis d'identifier les caractéristiques physiques et chimiques des résidus de pommes ainsi que leur capacité calorifique à divers degrés d'humidité. Ainsi, pour une teneur en eau d'environ 50%, la capacité calorifique des résidus est de 2000 kcal/kg, ce qui est même supérieure à celle du bois d'épinette noire.

Une étude expérimentale utilisant des résidus de pommes comme combustible a été effectuée sur une chaudière polycombustible. A l'origine, ces résidus avaient une teneur en eau d'environ 80%. Toutefois, pour les fins de l'étude, ils ont été séchés à des teneurs en eau, d'environ 20%, 40% et 50%, à l'aide d'un séchoir à haute température, utilisé généralement pour sécher de la luzerne. Les essais de combustion se sont échelonnés sur dix jours durant lesquels 15 tonnes de résidus ont été incinérés.

La production d'une quantité significative de cendres a obligé le nettoyage du lit de combustion à toutes les 16 heures pour ne pas diminuer l'efficacité de l'incinération. Par ailleurs, les résidus à 20%

Residues with 20% moisture content burned more easily and steadily than those at 50%. It is worthwhile to dry apple residues down to a 20% moisture content level if the energy recovered is to be used. Results of smoke analysis, on a scale from 0 to 10, were always under 2 indicating that smoke from the boiler was very clean.

In theory, if an apple juice company were to dry and burn all their apple residues they would be able to produce all the process steam they require. The investment needed to purchase and install the dryers, boiler, and necessary conveyors would be $541,000. Yearly savings in energy consumption and transportation costs would be $167,000. Capital invested would be paid off in only 3.2 years.

d'humidité ont brûlé en donnant une flamme beaucoup plus homogène que celle des résidus à 50% d'humidité. Il y a avantage à sécher des résidus jusqu'à 20% car c'est la récupération d'énergie qui nous intéresse. Enfin, les tests d'opacité effectués sur la fumée ont donné des valeurs toutes inférieures à 2 sur une échelle de 0 à 10; les gaz de combustion provenant de la chaudière à résidus sont donc très propres.

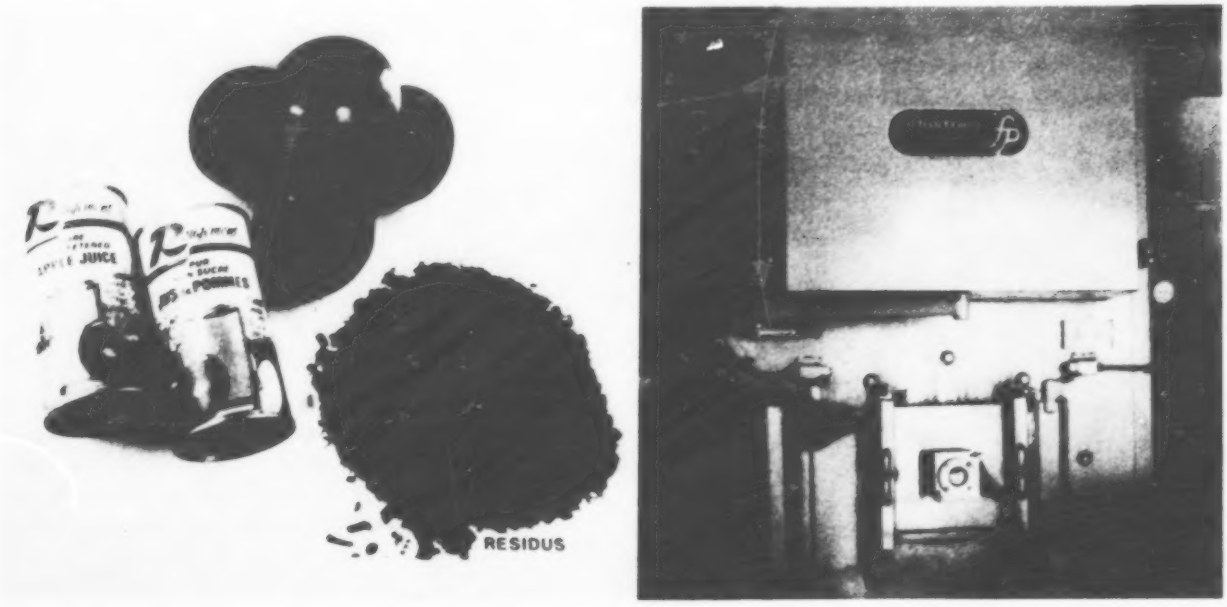
Théoriquement, chez un producteur de jus de pommes, l'incinération des résidus séchés à 20% pourrait produire toute la vapeur nécessaire au bon fonctionnement de l'usine d'extraction de jus. L'achat et l'installation des séchoirs, de la chaudière et des convoyeurs nécessiteraient un investissement de 541 000 $. Les économies annuelles réalisées sur l'achat d'huile et le transport des résidus seraient d'environ 167 000 $ pour un retour sur l'investissement de 3.2 ans.

Associated Publications:

Publications de ce travail:

1. Chagnon, R. 1985. Cost efficient fuel from apple residues. Food in Canada 44(7): 60.

2. Chagnon, R. 1985. Se chauffer aux pommes. La terre de chez nous, 11 avril: p.6.




Les pommes donnent du jus et de combustible (gauche). Chaudière polycombustible (droite).
Apples provide juice and fuel (left). Multi-fuel boiler (right).

| | | |
|---|---|---|
| Contractor- | Canadian Resourcecon (1983) Ltd., Vancouver, B.C. | -Entrepreneur |
| Project Leader- | T. Coape-Arnold | -Responsable du projet |
| Sci. Authority- | D.W. Campbell, Swift Current Research Station | -Expert scientifique |
| Project File No.- | 01916-3-ER37 | -Numero du projet |
| Serial No.- | OSG83-00226 | -Numero de série |
| Contract Cost- | $104,000 | -Coût du contrat |

## CONCENTRIC VORTEX CHAFF FURNACE FOR GRAIN DRYING AND SPACE HEATING

## FOUR À BALES À TOURBILLON CONCENTRIQUE POUR LE SÉCHAGE DU GRAIN ET LE CHAUFFAGE DES LOCAUX

### OBJECTIVES

Through a literature review, data analysis and preliminary furnace design, to assess the potential for using a scaled-down version of an existing concentric vortex furnace to burn chaff to supply heat for crop drying and large-scale space heating.

### OBJECTIFS

Par une étude de la documentation, une analyse des données et une conception préliminaire du four, évaluer les possibilités d'utilisation d'une version réduite d'un four à tourbillon concentrique existant, alimenté avec des bales, pour fournir la chaleur nécessaire au séchage des récoltes et au chauffage des locaux à grande échelle.

### SUMMARY

A resource assesament, furnace design, economic analyses and market assessment were carried out. Existing examples of residue use for fuel were listed.

Of the agricultural residues in the prairie provinces, cereal grain chaff is the most abundant and generally available resource for fuel when its alternative uses are taken into account. Chaff could displace fossil fuels consumed for on-farm space heating or grain drying applications. Characteristics of these applications were examined to determine factors important to chaff burner design. It was concluded that a burner with an output of 2.5 GJ/h (3.0 GJ/h input) would be required to match the output of most existing grain dryers and large space heating loads in livestock buildings. In both applications, automated operation for at least 8 hours is considered necessary to provide an acceptable level of convenience. Domestic heating loads were judged to be too small to justify the cost of retrofitting chaff-fired systems.

To date (1984) no commercially-produced furnaces and fuel handling systems have been avilable to burn chaff reliably. A furnace and fuel handling system were therefore designed expressly for the particular characteristics of chaff as a fuel and the required operating conditions and heat

### RÉSUMÉ

Une évaluation des ressources, la conception du four, des analyses économiques et une évaluation du marché ont été effectuées. Des exemples d'utilisation de résidus comme combustible sont énumérés.

Parmi les résidus agricoles dans les provinces des Prairies, le plus abondant est la bale des grains de céréale qui est en général une ressource disponible comme combustible lorsqu'on envisage de l'utiliser pour d'autres choses. La bale pourrait remplacer les combustibles fossiles pour le chauffage des bâtiments agricoles et le séchage du grain. On a examiné ces applications afin de déterminer les facteurs importants qui interviennent dans la conception du brûleur de bales. On a conclu qu'un brûleur produisant 2,5 GJ/h (3,0 GJ/h d'alimentation) serait nécessaire pour répondre à la plupart des besoins actuels de séchage du grain et de chauffage des bâtiments à bestiaux. Dans les deux applications, il faudrait prévoir un fonctionnement automatisé pendant au moins 8 heures pour assurer un niveau acceptable de commodité. On a jugé que les charges de chauffage domestique étaient trop faibles pour justifier le coût d'adaptation de systèmes alimentés avec de la bale.

Jusqu'ici (1984), aucun four commercial et aucun système de traitement du combustible n'a permis de brûler la bale efficacement. On a donc conçu un four et un système de traitement du combustible expressément en fonction des caractéristiques particulières de la bale comme combustible et en fonction des conditions de fonctionnement requises et de la demande en chaleur des

demand of grain drying and large scale space heating applications. The concentric vortex suspension burning concept, which as been successful in burning similar fuels, was selected as most suitable for burning chaff. Heat exchangers for both air and hot water were evaluated and incorporated in the design.

installations de séchage du grain et de chauffage des locaux à grande échelle. La combustion d'un mélange en suspension dans un tourbillon concentrique, qui permet de brûler des combustibles semblables, a été choisie comme étant la plus appropriée pour brûler de la bale. Des échangeurs de chaleur pour l'air et l'eau chaude ont été évalués et incorporés au modèle.

Capital costs for chaff-fired grain drying and space heating systems, including fuel preparation and storage equipment, were estimated as $18,500 and $40,000 respectively. The cost of collecting and storing chaff was then compared to the cost of fuels presently used in these applications, and the minimum amount of fossil fuel use required to pay back the estimated capital cost of chaff-fired systems over a given period of time (4 years) was calculated. It was found that chaff-fired systems are not economically viable where natural gas is available, but other farms with an annual fuel use of more than 835 GJ of fuel oil or propane for grain drying, or 1664 GJ for non-residential space heating, would achieve a four-year payback on the system.

Les coûts en capital des systèmes à bale pour le séchage du grain et le chauffage des locaux, y compris le coût de l'équipement de préparation et de stockage du combustible, ont été évalués à 18 500 et 40 000 $ respectivement. Le coût de récupération et de stockage de la bale a ensuite été comparé au coût des combustibles qui sont actuellement utilisés dans ces applications, et les quantités minimales de combustibles fossiles nécessaires pour couvrir le coût prévu en capital des systèmes à bale pendant une période donnée (4 ans) a été calculé. Il a été établi que les systèmes à bale ne sont pas rentables là où le gaz naturel est disponible, mais, dans d'autres exploitations agricoles consommant plus de 835 GJ de mazout ou de propane par année pour le séchage du grain ou plus de 1664 GJ par année pour le chauffage de locaux non résidentiels, le système serait rentable après quatre ans.

Fuel use on prairie farms exceeding these thresholds is less than 7% of the total volume for business space heating, and about 16% of the propane for crop drying on farms exceeding the foregoing threshold.

La consommation de combustible dans les exploitations agricoles des Prairies où ces seuils sont dépassés est inférieure à 7% du volume total utilisé pour le chauffage des locaux commerciaux, et elle est voisine de 16% du volume de propane utilisé pour le séchage des récoltes dans les exploitations agricoles où le seuil précité est dépassé.

Fabrication and field testing of the chaff furnace design was not undertaken due to reductions in program funding and the longer term nature of possible benefits.

Le four à bale n'a pu être ni fabriqué ni mis à l'essai sur le terrain à cause des coupures dans les programmes et du fait que les avantages éventuels ne se manifesteront qu'à long terme.

| | | |
|---|---|---|
| Contractor- | H. Loomer Greenhouses 1980 Limited, Falmouth, N.S. | -Entrepreneur |
| Project Leader- | R. Loomer, President | -Responsable du projet |
| Sci. Authority- | C.D. McLeod, Fredericton Research Station | -Expert scientifique |
| Project File No.- | 01799-0-0132 | -Numéro du projet |
| Serial No.- | OSZ80-00158 | -Numéro du série |
| Contract Cost- | $40,000 | -Coût du contrat |

## GREENHOUSE SOLAR ASSISTED HEATING WITH HYDROPONIC CULTURE AND SUPPLEMENTAL WINTER LIGHTING

### OBJECTIVES

To operate, in a manner closely approximating a commercial installation, a tomato-growing greenhouse using hydroponics, supplemental lighting, $CO_2$ enrichment, air cooling and a system for co-generating electric power and heat. The data is to be collected and co-ordinated to determine the importance and cost effectiveness of energy inputs. The importance of the hydroponic system for heat transfer, the contribution of the heat pump for energy storage and the effectiveness of the diesel energy for heat and electrical output to be documented.

### SUMMARY

The model greenhouse for this study was designed for solar collection and energy efficiency, oriented east-west, with steep roof pitch to shed snow and natural ventilation using a hinged gable end. It had an area of only 2500 $ft^2$ but included supplemental lighting (10 kW), a diesel generator (30 kW), an air-water heat pump, and a hydroponic growing system with reservoir for heat storage. In addition, there was a large water reservoir for storing heat from the generator, heat pump and propane $CO_2$ generator. This heated water was distributed to the plant root area by black plastic tubes located alongside the hydroponic solution gullies. The nutrient tank solution was heated by a heat exchanger from the heat storage tank, and so was generally at a lower temperature.

During the two years of investigation, significant biological difficulties were encountered with the growing crop. The first year, yields were less than 2 tons due to nutrient solution contamination from the concrete holding tanks. The second season had some generating and air contamination problems;

## SERRE AVEC CHAUFFAGE SOLAIRE D'APPOINT, CULTURE HYDROPONIQUE ET ÉCLAIRAGE SUPPLÉMENTAIRE EN HIVER

### OBJECTIFS

Exploiter, d'une manière se rapprochant de l'exploitation d'une installation commerciale, une serre à tomates en faisant usage de la culture hydroponique, d'un éclairage d'appoint, de l'enrichissement en $CO_2$, du refroidissement par ventilation et d'un système fournissant le courant et la chaleur. Des données doivent être recueillies et analysées afin de déterminer l'importance et la rentabilité des apports d'énergie. L'importance du système hydroponique dans le transport de chaleur, la contribution de la pompe à chaleur au stockage d'énergie et la rentabilité du diesel comme source de chaleur et de courant doivent être analysés.

### RÉSUMÉ

La serre modèle faisant l'objet de la présente étude a été conçue pour le captage solaire et en vue d'un bon rendement énergétique, orientée dans l'axe est-ouest, toit très incliné afin de déverser de neige et un pignon sur pentures pour la ventilation naturelle. Elle n'avait que 2500 $pi^2$ de superficie, mais était équipée d'un éclairage d'appoint (10 kW), d'une génératrice diesel (30 kW), d'une pompe à chaleur air-eau et d'un système hydroponique avec réservoir pour le stockage thermique. Il y avait également un grand réservoir d'eau pour le stockage de la chaleur produite par la génératrice diesel, par la pompe à la chaleur et par le générateur de $CO_2$ au propane. Cette eau chauffée était acheminée jusqu'au système radiculaire des plants par des tubes de plastique noirs longeant les tubulures à solution hydroponique. La solution nutritive était chauffée par le réservoir de stockage thermique par l'intermédiaire d'un échangeur thermique et était donc généralement à une température inférieure.

Au cours des deux années d'analyse, les cultures ont souffert de problèmes biologiques graves. La récolte de la première année a été inférieure à 2 tons en raison de la contamination de la solution nutritive par le béton des réservoirs. Certains problèmes de production de chaleur et de pollution de l'air sont survenus au cours de la deuxième année, mais la

however, the crop was able to reach 5½ tons. It was expected that this could be increased to 8 tons. In spite of the operating difficulties, the quality of the crop was good and sales were at premium prices.

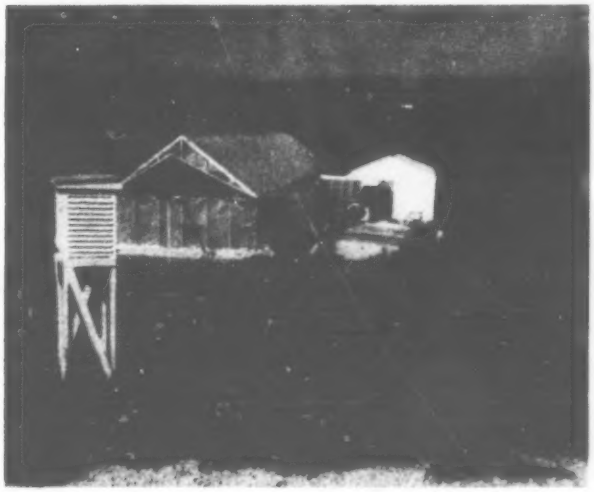
From Oct. 1981 to June 1982, heat source and magnitude going into storage was documented as well as heat distribution into the greenhouse. Heat generation was 62% from the diesel generator, 23% from the air cooling heat pump, 5% from the propane $CO_2$ enrichment system, 9% from the wood furnace and 1% solar heat collected directly by the storage water circulation. Heat distribution to the house was 15% by nutrient solution, 45% by the heating water in the plastic tubes, 21% from heat tank losses to greenhouse ambient, 3% from the header building and about 16% from the lights. The use of the generator for power production was not practical when the electrical loads and the heat loads were both low as the efficiency of the system was poor at or near one-quarter load.

There was not sufficient yield nor continuity in the first two years of operation to conclude that tomato production all year would be viable. The heating area near the roots should cover at least 75% of the greenhouse layer and at least three polyethylene layers to cover the greenhouse are necessary for nutrient and supplemental hot water flow to maintain temperatures for some crops. The third polyethylene layer could be a movable insulating surface.

récolte a tout de même atteint 5½ tons. La production optimale prévue pourrait atteindre 8 tons. Malgré les problèmes d'exploitation survenus, la qualité des récoltes était bonne et le prix de vente excellent.

D'octobre 1981 à juin 1982, les apports de chaleur au stockage (source et quantité) ont été surveillés ainsi que la répartition de la chaleur dans la serre. La 23% par la pompe à chaleur à air de refroidissement, à 5% par le système propane d'enrichissement au $CO_2$, à 9% par la fournaise à bois et à 1% par la chaleur solaire captée lors de la circulation de l'eau du stockage. La chaleur était acheminée à la serre dans une proportion de 15% par la solution nutritive, de 45% par l'eau de chauffage dans les tubes de plastique, de 21% par les pertes de chaleur du réservoir de stockage thermi que dans l'air de la serre, de 3% par le bâtiment de tête et d'environ 16% par les appareils d'éclairage. L'utilisation de la génératrice pour la production de courant n'était pas pratique lorsque la demande de courant et de chauffage était faible parce que le rendement de la machine était mauvais auc environs du quart de la charge.

La production et la continuité au cours des deux premières années d'exploitation n'ont pas été suffisantes pour permettre de conclure que la production de tomates pendant toute l'année soit viable. La surface de chauffage près des racines devrait couvrir au moins 75% de la superficie du lit de serre et il faut au moins trois épaisseurs de polyéthylène sur la serre pour que la solution nutritive et l'eau chaude d'appoint puissent maintenir la température nécessaire à certaines récoltes. La troisième épaisseur de polyéthylène pourrait être une couche isolante amovible.



Test Greenhouse (left) and interior showing the tomato crop (right).
Serre modèle (à gauche) et vue de l'intérieur montrant la récolte de tomates (à droite)

| | | |
|---|---|---|
| Contractor- | Nova Energy Ltd., Dartmouth, N.S. | -Entrepreneur |
| Project Leader- | B.V. Davis, Vice President | -Responsable du projet |
| Sci. Authority- | C.D. McLeod, Fredericton Research Station | -Expert scientifique |
| Project File No.- | 01799-0-0550 | -Numéro du projet |
| Serial No.- | 0SZ80-00081 | -Numéro de série |
| Contract Cost- | $78 000 | -Coût du contrat |

## DESIGN STUDY OF AN ENERGY EFFICIENT GREENHOUSE COMPLEX

### OBJECTIVES

To carry out a market study to identify the size of major flower and vegetable markets in Canada that could be captured by more energy efficient greenhouses. Review technology available to provide such greenhouses and estimate economic viability.

### SUMMARY

A market study was done, defining the size and annual dynamics for tomatoes in a typical metropolitan area, with the results considered applicable to other cultivars and flowers. Technology was reviewed and a greenhouse simulation used to develop a design. The financial analysis demonstrated that a new large commercial greenhouse operation could be profitable for 12 months of the year, over a 10-year period.

A market was considered to exist in Halifax to support a greenhouse industry for twelve months of the year. This market can consume 200,000 to 400,000 lb of tomatoes a month; except in September and October when the field tomatoes are in. Estimated wholesale price will be competitive with any import. Using modern marketing systems, based on quality improvement through reduced handling and quality identification by product trade mark, the tomato grower can expect to improve his price margins by 16 to 25 ¢/lb.

A comprehensive computer program was created to simulate greenhouse performance by combining parts of numerous building science algorithms, solar algorithms and measured plant responses. Parameters investigated included greenhouse building parameters such as orientation, fenestration type, and configuration; energy saving devices such as thermal blankets, insulated walls, and thermal storage; and yield

## ÉTUDE SUR LA CONCEPTION D'UN COMPLEXE DE SERRES ÉCONOMES D'ÉNERGIE

### OBJECTIFS

Effectuer une étude pour identifier la taille de marchés des fleurs et de légumes importants au Canada qui pourraient être accaparés par des serres plus économes d'énergie. Etudier la technologie disponible permettant ce genre de serre et estimer leur rentabilité économique.

### RÉSUMÉ

Une étude de marché a été faite pour définir la taille et la dynamique annuelle du marché de la tomate dans une région métropolitaine typique, dont les résultats ont été considérés comme applicables à d'autres cultivars et fleurs. La technologie a été étudiée et une simulation de serre a servi à élaborer un modèle. L'analyse financière a révélé qu'une nouvelle exploitation à grande échelle de serres commerciales pourrait être rentable 12 mois par année pendant 10 ans.

On a jugé qu'il existait à Halifax un marché capable de supporter une serriculture 12 mois par année. Ce marché peut absorber 200 000 à 400 000 lb de tomates par mois, sauf en septembre et en octobre lorsqu'arrivent sur le marché les tomates de plein champ. Le prix de gros estimatif sera concurrentiel avec celui de toute tomate importée. Grâce à des systèmes de commercialisation modernes s'appuyant sur l'amélioration de la qualité par une réduction de la manutention et l'identification de la qualité par la marque déposée du produit, le producteur peut espérer améliorer ses marges bénéficiaires de 16 à 25 c./lb.

Un programme d'ordinateur détaillé a été créé pour simuler le rendement d'une serre en combinant certaines parties de nombreux algorithmes de construction, d'énergie solaire et de réaction mesurées des plantes. Les paramètres étudiés comprenaient des éléments de construction d'une serre comme l'orientation, le type de fenêtre et la configuration; des dispositifs d'économie d'énergie comme les écrans thermiques, l'isolation des murs et

modifying parameters such as artificial lights, enriched $CO_2$ environment, and air and root zone temperature levels.

le stockage thermique; et certains éléments modificateurs du rendement comme l'éclairage artificiel, l'ambiance enrichie en $CO_2$ ainsi que les températures de l'air et de la zone racinaire.

This study chose two greenhouses design characteristics for crop yield and profitability on an annual basis. The solar type greenhouse has a double polyethylene fenestration and was chosen for its performance characteristics of small thermal losses with large solar gains. The multiple span greenhouse has a triple polyethylene fenestration and was chosen for its performance characteristics and the ease with which this configuration could be implemented.

Cette étude a choisi deux caractéristiques de conception de serre pour le rendement des cultures et la rentabilité annuelle. La serre solaire comporte des fenêtres à double film de polyéthylène et a été choisie pour son rendement caractérisé par de faibles pertes de chaleur et de larges gains d'énergie solaire. La serre à chapelles multiples comporte des fenêtres à triple film de polyéthylène et a été choisie pour ses caractéristiques de rendement et pour la facilité avec laquelle cette configuration peut s'appliquer.

Features advocated for both configurations were artificial lighting, carbon dioxide enrichment, thermal blankets, forced air heating-circulating system, modulated exhaust ventilation, moving hydroponic crop system and an automatic control system to actuate or modulate these features.

Les caractéristiques préconisées pour les deux configurations sont l'éclairage artificiel, l'enrichissement de l'air en bioxyde de carbone, les écrans thermiques, un système de chauffage et de circulation d'air pulsé, la ventilation d'extraction modulée, le système de culture hydroponique mobile et un système de réglage automatique pour animer ou moduler ces éléments.

The analysis of the complete operating costs for a large greenhouse is complex and a reasonable profit margin must be anticipated to justify the considerable financial risk and extensive effort involved. To analyze the relationship between all the cost factors over sufficient years to establish viability is a major accounting task, but can be done quickly and accurately using a high level financial analysis computer program such as IFPS (Interactive Financial Planning System).

L'analyse des coûts d'exploitation totaux d'une grande serre est complexe et une marge bénéficiaire raisonnable doit être prévue pour justifier les risques financiers considérables et les énormes efforts consentis. Le fait d'analyser le rapport entre tous les facteurs de coûts sur un nombre suffisant d'années pour établir la rentabilité constitue une lourde tâche de comptabilité, mais peut se faire rapidement et avec précision au moyen d'un programme informatique d'analyse financière de haut niveau comme l'IFPS (Système interactif de planification financière).

Based on the analysis, it is apparent that the size of the tomato market, even for a small city such as Halifax, is large enough to require many hectares of greenhouse area. An average price for the year of $2.10/kg appears to be realistic with an inflation rate of 10%.

D'après l'analyse, il semble que la taille du marché de la tomate, même pour une petite ville comme Halifax, est assez grande pour exiger plusieurs hectares de serre. Un prix moyen de 2,10 $/kg pour l'année semble réaliste pour un taux d'inflation de 10%.

The results of the financial analysis indicate that the operation is not overly sensitive to variable cost factors. In fact, a similar analysis carried out for a Brace configuration at a facility cost of $323/m^2$ gave a profit margin of about 15%. The multi-span structure of this study gives a profit margin, before taxes, of about 25%.

Les résultats de l'analyse financière révèlent que l'exploitation n'est pas trop sensible aux facteurs de coûts variables. En réalité, une étude semblable effectuée pour une serre à contreventement à un coût de 323 $/m^2$ laisse une marge bénéficiaire d'environ 15%. La structure à chapelles multiples de cette étude donne une marge, avant impôt, d'environ 25%.

| | | |
|---|---|---|
| Contractor- | Ontario Ministry of Agriculture and Food, Toronto | -Entrepreneur |
| Project Leader- | F. Ingratta, Horticultural Res. Inst. of Ont., Vineland Station | -Responsable du projet |
| Sci. Authority- | H.A. Jackson, Eng. & Stat. Res. Inst. | -Expert scientifique |
| Project File No.- | 01843-8-1815 | -Numéro du projet |
| Serial No.- | 0SZ78-00098 | -Numéro de série |
| Contract Cost- | $149,900 | -Coût du contrat |

## EVALUATION AND COMPARISON OF THREE DIFFERENT GREENHOUSES

### OBJECTIVES

To compare crop productivity, energy consumption, economic feasibility and ambient conditions in 3 greenhouses, supplied by the contractor, to evaluate energy saving advances in greenhouse design.

### SUMMARY

Three greenhouses were built during 1978-79. The control was a standard commercial gutter-connected double polyethylene glazed unit, with 201 $m^2$ floor area. The second was the same as the control, but was equipped with the Rutgers University system based on external solar collectors, with heat storage in gravel and water contained in an insulated vinyl liner under the floor. The water from the storage is circulated through the polyethylene film solar collector. A porous concrete floor poured on the gravel is the heat exchange surface to the greenhouse. The third unit, with the same floor area as the control, was glazed with extruded double-layered acrylic (SDP-16) claimed to provide energy savings compared to glass.

Separate heating and extensive monitoring instrumentation was provided for the different greenhouses. A variety of crop experiments, involving both flowers and vegetables, were carried out during 1979 to 1984.

The solar collector greenhouse used 4.8% less natural gas than the control house from September 1979 to June 1980, but the overall energy cost (natural gas plus electricity) was 2% higher. The SDP greenhouse used 3.4% more natural gas than the control but had a 1% less overall energy cost. The overall efficiency of the solar collectors was 7%, reaching 40 to 45% during the summer months.

A fall cucumber trial in 1979 showed a 7% better yield in the solar house than the control house. For a 1980 spring crop of

## ÉVALUATION ET COMPARAISON DE TROIS SERRES

### OBJECTIFS

Comparer la productivité, la consommation d'énergie, la faisabilité économique et les conditions ambiantes de 3 serres fournies par l'entrepreneur pour évaluer de nouvelles mesures d'économie d'énergie dans la conception des serres.

### RÉSUMÉ

Trois serres ont été construites en 1978-1979. La serre de contrôle est une serre commerciale standard à deux chapelles contigues, à vitrage de polyéthylène, de 201 $m^2$ de superficie. La seconde est identique à la serre de contrôle sauf qu'elle a été équipée d'un système de l'université Rutgers utilisant des capteurs solaires extérieurs et un stockage thermique dans le gravier et l'eau contenu dans un chemisage de vinyle sous le plancher. L'eau du stockage circule à travers le capteur solaire à pellicule de polyéthylène. Un plancher de béton poreux coulé sur le gravier constitue la surface de transfert thermique de la serre. La troisième serre, qui a la même superficie que la serre de contrôle, a un vitrage en acrylique extrudée à double épaisseur (SDP-16), matériau supposément à meilleur rendement énergétique que le verre.

Un chauffage distinct et un appareillage de monitorage très complet ont été prévus pour chaque serre. Différents types de cultures, y compris des fleurs et des légumes, ont été expérimentées de 1979 à 1984.

La serre à capteurs solaires a requis 4.8% moins de gaz naturel que la serre de contrôle de septembre 1979 à juin 1980, mais ses coûts globaux d'énergie (gaz naturel plus électricité) ont été supérieurs de 2%. La serre SDP a demandé 3.4% plus de gaz naturel que la serre de contrôle, mais son coût global d'énergie a été inférieur par 1%. Le rendement global des capteurs solaires a été de 7% et a atteint 40 à 45% pendant l'été.

Lors d'un essai de récolte de concombres à l'automne 1979, la production de la serre solaire a été de 7% supérieure à celle de la serre de contrôle. Pour une

tomatoes, the productivity level in the solar house was significantly lower than in the SDP house. The lower yield was attributed to the higher temperature in the root media caused by the heated floor.

In 1981, the back side of one of the three collectors was insulated. Collection efficiency increased to 22% as compared to 14% for the uninsulated collectors. In 1981, a split night temperature regime of 16°C to midnight followed by 10°C in the SDP greenhouse gave 4% less tomato yield than with a constant 16°C in the control and solar houses.

The economics of split night temperatures for tomato production appear questionable, and the results from the solar greenhouse evaluation do not warrant recommending it to the industry.

récolte de tomates au printemps 1980, la productivité de la serre solaire a été considérablement inférieure à celle de la serre SDP. Cette faible production a été imputée aux températures supérieures produites dans le milieu radiculaire par le plancher chauffé.

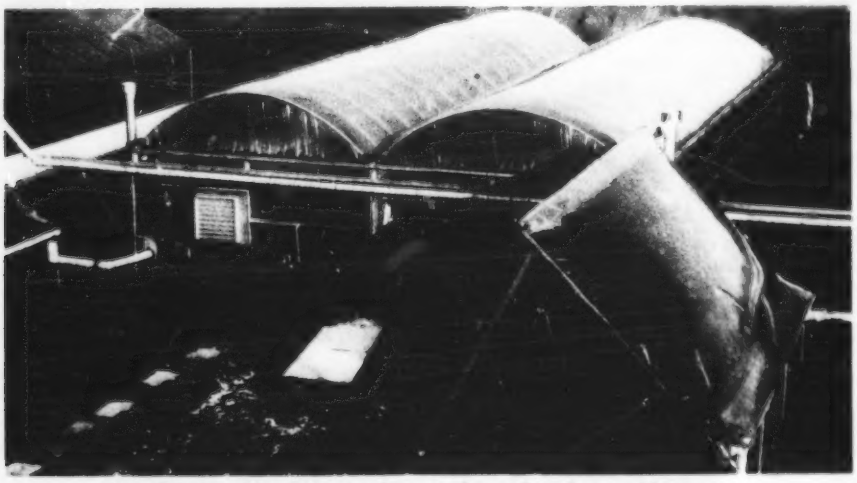
En 1981, la face arrière de l'un des capteurs solaires a été isolée. L'efficacité de captage de ce capteur a atteint 22% en comparaison de 14% pour les autres. En 1981, un essai de réduction de la température de 16°C à 10°C à partir de minuit dans la serre SDP a mené à une production de tomates inférieure de 4% à celle obtenue à une température constante de 16°C dans les serres de contrôle et solaire.

Les économies réalisables par la réduction de température pendant la nuit pour la culture de tomates semblent douteuses et les résultats obtenus dans la serre solaire ne justifient pas qu'on la recommande à l'industrie.

Associated Publications:

1. Blom, T.J. and F.J. Ingratta. 1979. Greenhouse energy conservation. Rpt. of Comm. Hort. Res. C.H.C. p.204-5.
2. Blom, T.J. and F.J. Ingratta. 1981. Potential of energy conservation in Ontario greenhouses. Proc. Can. Soc. Hort-Sci. 20:26.
3. Bloom, T.J., and F.J. Ingratta and J. Hughes. 1982. Energy conservation in Ontario greenhouses. Ontario Ministry of Agriculture and Food Public. 65 revised.
4. Blom, T.J. and F.J. Ingratta. 1984. The use of polyethylene film as greenhouse glazing in North America. Acta Hort. (in press).
5. Ingratta, F.J. and T.J. Blom. 1980. Solar heating for Ontario greenhouses. Highlights of Agr. Res. in Ontario, 3(2): 9-11.
6. Ingratta, F.J. and T.J. Blom. 1980. The potential of an active solar system for heating of commercial greenhouses in Ontario. Rpt. Comm. Hort. Res. C.H.C. p. 188.
7. Ingratta, F.J. and T.J. Bloom. 1981. Application of polyethylene films and plastic products for greenhouse energy conservation. Proc. 36th Conf. Soc. Plastics Ind. of Can.
8. Ingratta F.J. and T.J. Blom. 1981. The potential of an active solar system for heating of commercial greenhouses in Ontario. Acta Hort. 115(1):133-41.

Publications de ce travail:



Greenhouse with Rutgers type external solar collector.
Serre avec capteur solaire extérieur de type Rutgers.

| | | |
|---|---|---|
| Contractor- | Miller Solsearch Inc., Charlottetown, P.E.I. | -Entrepreneur |
| Project Leader- | D. Bergmark, President | -Responsable du projet |
| Sci. Authority- | C.D. McLeod, Fredericton Research Station | -Expert scientifique |
| Project File No.- | 01843-8-1821 | -Numéro du projet |
| Serial No.- | OSZ78-00178 | -Numéro de série |
| Contract Cost- | $33,400 | -Coût du contrat |

## A SOLAR-ADAPTED GREENHOUSE MANUAL AND DESIGN

## COTATION ET CONCEPTION DES SERRES SOLAIRES

### OBJECTIVES

To provide a basis for choosing greenhouse improvement technologies by (a) producing a weighted inventory list of energy conserving measures related to life cycle costs and produce value, and (b) using these criteria to design a commercial greenhouse system that maximizes economic return.

### OBJECTIFS

Fournir des critères de sélection des améliorations pouvant être apportées aux serres a) en produisant un inventaire coté des mesures d'économie d'énergie tenant compte des coûts au cours de la durée de vie utile et de la valeur des récoltes; et b) en utilisant ces critères pour concevoir une serre commerciale à rentabilité optimale.


### SUMMARY

Many factors were assessed, include plant growth factors, heating sources and greenhouse building envelope features. The intended single weighted inventory list was not prepared due to the number and complexity of the variables involved.

Greenhouse designs that reduce light transmission can cause a proportional reduction in plant yield. Artificial lighting can be used, and can serve as an extra heat source in an energy conserving greenhouse. Temperature level in the greenhouse correlates directly with fuel use. Growing cool-season crops in winter and warm season crops in summer can reduce heating and cooling loads, and reducing night-time temperatures to the minimum allowable for that crop. Efficient humidity control utilizes heat exchangers to transfer sensible heat to the incoming air. Economics are improved by using curtain and shutter devices for both insulation purposes in cold weather and shading devices in hot weather.

Air mixing reduces fuel use by reducing interior temperature gradients, and provides more-uniform, disease-free crop growth. Systems using heat storage can assist in economically using $CO_2$ enrichment. Soil heating is valuable. Multi-level planting is valuable for mixed crops in small greenhouses.

### RÉSUMÉ

De nombreux facteurs ont été analysés, y compris les caractéristiques de croissance des plants, les sources de chaleur et l'enveloppe de la serre. L'inventaire coté unique prévu dans les objectifs n'a pas été préparé en raison du nombre et de la complexité des variables en cause.

Les modèles de serre réduisant la transmission de lumière peuvent subir une réduction proportionnelle de la production. Dans une serre à bon rendement énergétique, on peut utiliser l'éclairage artificiel, qui peut aussi constituer une source de chaleur d'appoint. La température maintenue dans la serre est directement reliée à la consommation d'énergie. Faisant pousser les cultures de saison fraîche en hiver et les cultures de saison chaude en été peut réduire la demande de chauffage et de refroidissement. La température peut aussi être abaissée au minimum admissible pour l'espèce cultivée pendant la nuit. Un bon système de régulation d'humidité fait usage d'échangeurs thermiques pour transmettre de la chaleur sensible à l'air admis. L'utilisation de rideaux et autres dispositifs de fermeture comme isolation pendant l'hiver et comme ombrage pendant l'été permet de réaliser d'autres économies.

Le mélange de l'air diminue la consommation d'énergie en réduisant les écarts de température à l'intérieur en plus d'assurer une croissance plus uniforme et sans maladies. Les installations comportant un stockage thermique peuvent aider à utiliser économiquement l'enrichissement en $CO_2$. La chauffage du sol est valable. La plantation à étages multiples est bonne dans le cas où plusieurs espèces sont cultivées dans une petite serre.

Heat sources and losses are quantified in the report. Heat storage calculations ranked water drums, mud, sub-floor gravel and sub-floor water in gravel in reducing order of specific heat provided per dollar. Active solar collecters were not economic for Canadian conditions. Radiant heating could be a method worth considering.

Les apports et pertes thermiques sont quantifiés dans le rapport. Les calculs de la chaleur massique obtenue par dollar investi classent les différents types de stockages de la manière suivante, par ordre de rentabilité décroissante: barils d'eau, boue, gravier sous le plancher et eau dans du gravier sous le plancher. Les capteurs solaires actifs n'étaient pas rentables dans les conditions climatiques du Canada. Le chauffage par rayonnement mérite d'être envisagé.

Calculations are shown in the report for heat losses for different greenhouse designs and climatic effects across Canada. Costs are compared to crop worth. Five different greenhouse designs were compared for glazing systems, enclosure systems and thermal barriers. Design tables and graphs are shown.

Le rapport fournit des données sur les pertes thermiques de différents types de serres dans différentes régions du Canada. Les coûts sont comparés aux récoltes obtenues. Cinq modèles de serres ont été comparés sous les aspects suivants: vitrage, enceinte et barrières thermiques. Le rapport contient également des tableaux et graphiques de calcul.

To design an optimum commercial system the above design information was used and trends were assessed. Trends have been to insulate greenhouse surfaces which are not exposed to direct sunlight, and to store and utilize heat absorbed from solar insolation. Insulation, increased layers of glazing, and shutter systems contribute to substantial energy savings, but cause significant reduction in light levels. Payback periods for greenhouses employing solar collectors have been shown to be too long. Greenhouses with storage to utilize excess heat require temperature swings unacceptable to most greenhouse growers. Yet solar greenhouses have the smallest total operating cost in some geographic areas. Due to lack of conclusive information, yield reductions have not been taken into account.

Les données de calcul mentionnées précédemment ont été utilisées et les tendances évaluées pour en arriver à concevoir une installation commerciale optimale. Les tendances actuelles consistent à isoler les surfaces de serre non exposées à l'ensoleillement direct et à stocker et utiliser la chaleur solaire absorbée. Les mesures d'isolation telles que l'incorporation de plus fortes épaisseurs de vitrage et de volets de fermeture augmentent considérablement les économies d'énergie mais causent une réduction importante de l'éclairage. Il a été démontré que les périodes d'amortissement des serres équipées de capteurs solaires sont trop longues. Les serres avec stockage de la chaleur excédentaire requièrent des écarts de température inacceptables pour la plupart des serristes. Quoi qu'il en soit, les serres solaires ont les coûts d'exploitation globaux les plus bas dans certaines régions. En raison du manque de données concluantes, les réductions de production n'ont pas été prises en compte.

The structure chosen for the optimum design was a multi-span quonset type greenhouse, gutter connected and glazed with double, inflated plastic. With an insulating curtain, commercially available, this structure in many areas is already the most cost effective. Tedlar glazing offers great potential for increasing yield and reducing fuel cost.

La structure choisie pour la conception optimale est une serre à portées multiples de type Quonset à gouttière mitoyenne entre les sections et à double vitrage de plastique gonflé. Avec un rideau isolant, disponible dans le commerce, cette structure est déjà la plus rentable dans de nombreuses régions. Le vitrage Tedlar offre un bon potentiel d'augmentation de la production et de réduction des frais d'énergie.

This type of greenhouse was chosen because it represents the best available type on the market today. With simple changes and additions, it becomes competitive with the "traditional" solar greenhouse under most climatic conditions. Designs suggested here apply equally well to retrofits and to new construction and employ systems already widely used.

Ce type de serre a été choisi parce qu'il est le meilleur actuellement sur le marché. Par de simples modifications ou ajouts, il devient concurrenciel par rapport à la serre solaire "traditionnelle" dans la plupart des conditions climatiques. Les concepts suggérés par le rapport s'appliquent aussi bien aux projets de rénovation qu'aux constructions neuves et font usage de systèmes déjà très répandus.

| | | |
|---|---|---|
| Contractor- | Institute of Man and Resources, Charlottetown, P.E.I. | -Entrepreneur |
| Project Leader- | C.K. Brown, Director of Research | -Responsable du projet |
| Sci. Authority- | C.D. McLeod, Fredericton Research Station | -Expert scientifique |
| Project File No.- | 01843-9-1909 | -Numéro du projet |
| Serial No.- | OSZ79-00092 | -Numéro du série |
| Contract Cost- | $20,400 | -Coût du contrat |

## MUD HEAT STORAGE FOR A SOLAR ADAPTED GREENHOUSE

### OBJECTIVES

To analyse heat transfer rates and determine ducting requirements for a greenhouse mud heat storage, construct (with other funding) a greenhouse with such heat storage, and evaluate greenhouse performance.

### SUMMARY

The mud storage concept uses flexible, corrugated, non-perforated polyethylene drainage pipe as heat transfer ducts. The pipes are installed in a reservoir of wet earth (mud) beneath the greenhouse, and surrounded with a 6 mil polyethylene film to prevent loss of moisture. Moisture resistant polystyrene sheets insulate the side walls and underneath the northern portion of the store. Excess heat from the peak of the greenhouse is blown through the heat transfer ducts. A reversible fan allows heat to be drawn from the warm end of the store, or from the cool end to provide air at temperatures below ambient as the store is being charged during the summer.

To justify the earth store, the greenhouse design must optimize the balance between heat losses and the capital costs of energy conserving features, such as excellent light but low infrared transmission, a retractable insulating night curtain, and an insulated north wall. Energy conserving features must minimize interference with the light required for plant growth.

A finite element computer simulation was used to investigate pipe spacing, length and air flow rate. The first simulation showed that too much time was required to transfer heat to the soil. An alternate "buffer" design used two insulated zones, 30 $m^3$ vs. 570 $m^3$, but both containing about the same amount of pipe. The

## STOCKAGE THERMIQUE DANS LA BOUE POUR UNE SERRE À CHAUFFAGE SOLAIRE

### OBJECTIFS

Analyser les taux de transfert thermique et identifier le type de canalisations nécessaires pour un stockage thermique dans la boue desservant une serre, construire (avec d'autres sources de financement) une serre avec un stockage thermique de ce type et évaluer le rendement de cette serre.

### RÉSUMÉ

Le concept du stockage dans la boue consiste à utiliser des tuyaux de drainage en polyéthylène flexibles, ondulés et non perforés comme conduits de transfert thermique. Ces tuyaux sont placés dans un réservoir de terre humide (boue) situé sous la serre et entouré d'une pellicule de polyéthylène de 6 mils pour éviter la perte d'humidité. Des feuilles de polystyrène résistant à l'humidité isolent les parois latérales et le fond de la partie nord du stockage. La chaleur excédentaire du pignon de la serre est aspirée dans les conduits de transfert thermique. Un ventilateur réversible permet de soutirer soit de la chaleur de l'extrémité chaude du stockage, soit de l'air plus frais que la température ambiante de l'autre extrémité pendant que le stockage est rechargé pendant l'été.

Pour justifier le stockage dans le sol, la conception de la serre doit optimiser le rapport entre les pertes thermiques et le coût des mesures d'économie d'énergie telles qu'un excellent éclairage mais à faible transmission d'infrarouge, un rideau isolant rétractable pour la nuit et un mur nord isolé. La présence des dispositifs d'économie d'énergie ne doit causer qu'un minimum d'obstruction à l'éclairage nécessaire à la croissance des plantes.

Une simulation informatisée de calcul par éléments finis a été utilisée pour analyser l'espacement des tuyaux, leur longueur et le débit d'air. La première simulation a démontré qu'il fallait trop de temps pour transférer la chaleur au sol. Une autre conception analysée comportait deux zones isolées respectivement de 30 et 570 $m^3$, mais contenant toutes deux environ le

resultant pipe spacing proved to be about two pipe diameters (0.2 m), so that this part of the store volume would be about 30% filled with pipe. The remainder of the store would have pipe on about 0.65 m spacing, occupying about 3% of the volume. Two reversible, variable-speed axial fans would be used, one for each part of the store. The simulations did not included store heat losses to ground.

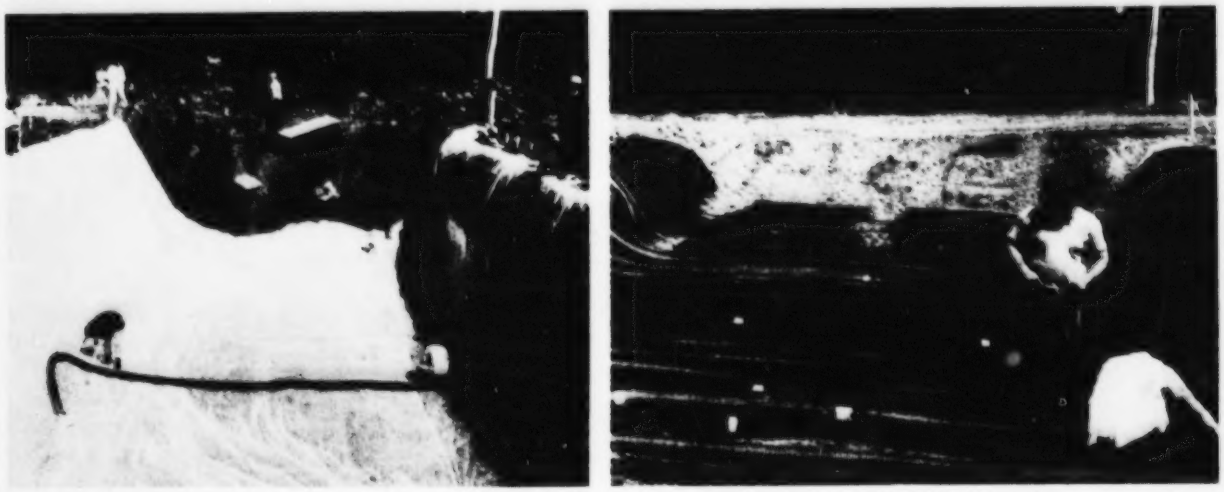
même nombre de tuyaux. L'espacement de tuyaux ainsi obtenu était d'environ deux fois le diamètre des tuyaux (0.2 m), les tuyaux occuperaient 30% du volume de stockage de cette partie. Le reste du stockage aurait un espacement de tuyaux d'environ 0.65 m et les tuyaux occuperaient 3% du volume. Deux ventilateurs axiaux réversibles à vitesse variable seraient utilisés, un pour chacune des parties du stockage. Les simulations ne tenaient pas compte des pertes de chaleur dans le sol.

The remainder of the project to construct and evaluate a solar adapted greenhouse, using the "mud heat storage" was not carried out. Construction was to have been undertaken using funds provided for the "Ark Project" under the terms of a Canada/Prince Edward Island agreement on Renewable Energy Development. Design was completed and construction begun in the summer of 1980. However, the Ark Project was terminated at the end of May 1981, before the greenhouse was completed.

Le reste du projet, qui consistait à construire et à évaluer une serre solaire avec stockage dans la boue, n'a pas été réalisé. La construction devait être entreprise grâce au financement du projet "Ark" en vertu de l'entente Canada-Île-du-Prince-Édouard sur le développement des énergies renouvelables. La conception était complétée et la construction avait commencé pendant l'été de 1980. Malheureusement, le projet Ark a été supprimé à la fin mai 1981, avant que les travaux soient terminés.

The report provides information on the design and construction phases of the greenhouse and heat store, makes projections of the expected economic and horticultural performance, summarizes the proposed monitoring systems and discusses some of the practical considerations for construction. The contractor has been able to use the expertise gained on other design projects.

Le rapport donne de l'information sur les phases de conception et de construction de la serre et du stockage thermique, avance des projections de rendement économique et horticole, résume les dispositifs de monitorage proposés et expose certaines considérations pratiques concernant la construction. L'entrepreneur a pu mettre en pratique l'expertise acquise dans le cadre d'autres projets de conception.



Excavated storage lined with plastic (left) and pipes being installed and backfilled (right).
Stockage creusé avec chemisage de plastique (gauche) et mise en place et remblayage des tuyaux (droite).

| | | |
|---|---|---|
| Contractor- | Hawes & Wight Ltd., Pointe Claire, Que. | -Entrepreneur |
| Project Leader- | W. Wight | -Responsable du projet |
| Sci. Authority- | H.A. Jackson, Eng. & Stat. Res. Inst. | -Expert scientifique |
| Project File No.- | 01843-9-1925 | -Numéro du projet |
| Serial No.- | OSZ79-00237 | -Numéro de série |
| Contract Cost- | $67,800 | -Coût du contrat |

## DEVELOPMENT OF AN ENERGY EFFICIENT COMMERCIAL CLASS GREENHOUSE

### OBJECTIVES

To develop an acceptable commercial scale solar greenhouse using modular concepts incorporating useful features of the "Brace" design. To focus on testing and evaluating light levels for different variables.

### SUMMARY

The "Brace" design is a single span greenhouse with an east-west ridge and its north-facing roof slope insulated rather than glazed. Compared to conventional greenhouses, it receives less solar radiation during summer and during cloudy periods in winter but more during sunny periods in winter and it has lower heat losses. In this project, the "Brace" concept of insulating north-sloping roof surfaces was incorporated in the design of multispan greenhouses.

Analysis of snow accumulation on a multispan Brace roof, according to the structural requirements of the National Building Code, predicted that snow melting by the use of heating cables on the insulated roof areas would probably require less energy than that required to replace heat loss through these areas in conventional greenhouses.

The reduction in solar energy was not prohibitive when simulated by a computer and checked with a model on a heliodon. To further investigate light levels, six 1:20 scale greenhouse models were built and tested. The four conventional greenhouse models were oriented east-west or north-south, and glazed with clear or diffusing glass. The two insulated greenhouses were orientated east-west, had the north facing roof sections insulated and the south facing glazed with clear glass, and had different roof configurations: "low shade" 30° roof slope; "net gain" 30° north roof slope and 60° south

## MISE AU POINT D'UNE SERRE COMMERCIALE À FAIBLE CONSOMMATION D'ÉNERGIE

### OBJECTIFS

Mettre au point une serre solaire commerciale acceptable de conception modulaire incorporant des caractéristiques utiles du modèle "Brace". Mettre l'accent sur la mesure et l'évaluation des niveaux d'éclairement pour différentes variables.

### RÉSUMÉ

Le modèle "Brace" est une serre en une seule section dont la crête du toit est orientée est-ouest, et le pan nord du toit, isolé plutôt que vitré. Par rapport aux serres classiques, il reçoit moins de rayonnement solaire en été et par temps couvert en hiver, en reçoit plus par temps ensoleillé en hiver et laisse échapper moins de chaleur. Dans ce projet, le modèle "Brace", dont les pans nord du toit sont isolés, a été utilisé pour concevoir des serres en plusieurs sections.

En analysant des données sur l'accumulation de la neige sur un toit de serre Brace en plusieurs sections, conformément aux exigences du code national du bâtiment en matière de charpente, on a prévu que l'utilisation de câbles chauffants sur les pans de toit isolés pour faire fondre la neige nécessiterait probablement moins d'énergie qu'il n'en faudrait pour remplacer les pertes de chaleur par ces surfaces dans des serres classiques.

La réduction d'énergie solaire n'était pas excessive lorsque simulée par un ordinateur et vérifiée à l'aide d'un modèle sur un héliodon. Pour mieux étudier l'éclairement, on a construit et mis à l'essai six modèles de serres à l'échelle de 1/20. Les quatre modèles de serres classiques ont été orientés est-ouest ou nord-sud et ont été revêtus d'un vitrage transparent ou diffusant. Les deux serres isolées ont été orientées est-ouest, les pans nord ont été isolés et les pans sud recouverts d'un vitrage transparent. Pour ces dernières, on a utilisé deux différentes configurations de toiture : pans de toit inclinés à 30°; pans nord inclinés à 30° et pans sud inclinés à 60°. Dans les expériences on a comparé les

roof slope. The experiment compared relative percent transmission of solar radiation into each of the greenhouse models.

pourcentages de rayonnement solaire transmis dans chacun des modèles de serre.

The east-west models had higher overall light levels (67% transmittance) between October and March than the north-south models (61%). The insulated prototype models had moderately reduced light levels during the winter, and much lower light levels during the summer. Spatial variations in light levels were greater within the east-west than the north-south models. The insulated greenhouses have spatial variations similar to the east-west during the winter; and much greater during the summer. During overcast sky conditions the insulated and east-west greenhouses have more uniform light levels than during sunny periods. The north-south greenhouse shows fairly consistent spatial variations for all sky conditions.

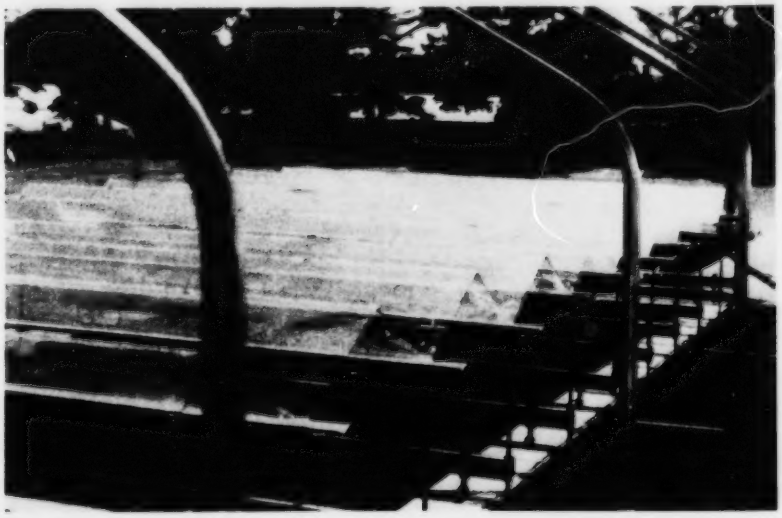
Les modèles orientés est-ouest ont un ensoleillement plus élevé (67 % de rayonnement transmis) entre octobre et mars que les modèles orientés nord-sud (61%). Les prototypes isolés ont un ensoleillement modérément réduit en hiver et beaucoup plus réduit en été. Les variations spatiales de l'ensoleillement étaient plus grandes dans les modèles est-ouest que dans les modèles nord-sud. Les serres isolées est-ouest présentent des variations semblables en hiver, mais beaucoup plus grandes en été. Par temps couvert, les serres est-ouest et les serres isolées ont des ensoleillements plus uniformes que par temps ensoleillé. La serre nord-sud présente des variations spatiales relativement uniformes quel que soit l'ennuagement.

No differences in percent transmission, or spatial variations, were observed between similar models with clear and diffusing glazing.

On n'a observé aucune différence dans les pourcentages de rayonnement transmis et dans les variations spatiales entre les modèles à vitrage transparent et les mêmes modèles à vitrage diffusant.

A preliminary economic study of total annual costs showed that the insulated greenhouse can compete with current technology in a wide variety of operating scenarios. The insulated greenhouse requires artificial lighting and a snow melt system for the insulated roof sections in order to provide a growing environment equivalent to conventional greenhouses.

Une étude économique préliminaire des coûts annuels totaux a révélé que la serre isolée peut être aussi rentable que la serre classique dans une vaste gamme de scénarios d'utilisation. Dans la serre isolée il faut prévoir un éclairage artificiel et équiper les pans de toit isolés d'un système pour faire fondre la neige afin d'assurer un milieu de culture équivalant à ceux des serres classiques.



Greenhouse model roof profiles to evaluate light levels, under protective tarp frames.
Profils de toiture de serres servant à évaluer l'ensoleillement sous des supports de bâches de protection.

| | | |
|---|---|---|
| Contractor- | Université du Québec à Chicoutimi, Qué. | -Entrepreneur |
| Project Leader- | G. Gallagher, Centre de Recherche du Moyen-Nord | -Responsable du projet |
| Sci. Authority- | H.A. Jackson, Inst. Rech. Tech. & Stat. | -Expert scientifique |
| Project File No.- | 01843-0-CG01 | -Numéro du projet |
| Serial No.- | 05U80-00174 | -Numéro de série |
| Contract Cost- | 75 000 $ | -Coût du contrat |

## UTILIZATION OF WASTE WARM WATER AS AN ENERGY SOURCE FOR GROWING WINTER VEGETABLES

### OBJECTIVES

a) To monitor and evaluate crop productivity and heating system performance in a single poly greenhouse heated with industrial waste warm water.

b) To monitor and evaluate thin plastic mats (Q-mats) as solar collectors in a greenhouse.

c) To develop a mechanized system for placing and removing the growing bed tunnel covers.

d) To continue comparing crop productivity between a conventional double poly greenhouse and a single poly greenhouse with internal tunnels over the growing beds.

(These studies continued the work of contract 9-1915, summarized in a previous ESRI report, I-743).


### SUMMARY

To evaluate crop productivity and heating system performance, waste warm water from a selenium smelter was circulated through 0.4 m wide black pvc mats (Q-mats) placed on 1.2 m growing beds in a 4.5 m by 40 m single poly gothic arch greenhouse. The growing beds were covered with an inner layer of clear polyethylene and an outer layer of aluminized mylar supported on steel hoops one metre high. The mylar cover was removed during the day.

With 30°C water, tunnel air temperature of 15°C was maintained with outside night temperatures of -40°C. For the spring crop at Chicoutimi an average yield of 6.3 kg/plant was obtained with Carmello and Vendor tomato varieties.


## UTILISATION DES EAUX USÉES CHAUDES COMME SOURCE D'ÉNERGIE POUR LA CULTURE DE LÉGUMES D'HIVER

### OBJECTIFS

a) Monitorer et évaluer la productivité horticole et le rendement de l'installation de chauffage dans une serre en polyéthylène simple chauffée par l'eau chaude résiduelle d'une industrie.

b) Monitorer et évaluer les matelas de plastique minces (matelas Q) comme capteurs solaires dans une serre.

c) Développer un système mécanique pour la mise en place et l'enlèvement des recouvrements de tunnel des lits de croissance.

d) Poursuivre la comparaison de la productivité horticole d'une serre de polyéthylène double traditionnelle et d'une serre de polyéthylène simple avec tunnels internes au-dessus des lits de croissance.

(Ces études faisaient suite aux travaux exécutés en vertu du contrat 9-1915, résumé dans un rapport antérieur de l'IRTS, I-743.)


### RÉSUMÉ

Pour l'évaluation de la productivité horticole et du rendement des installations de chauffage, on faisait circuler les eaux usées chaudes d'une fonderie à sélénium dans des matelas de pvc noirs (matelas Q) de 0.4 m de largeur posés sur des lits de croissance de 1.2 m dans une serre à voûte gothique en polyéthylène simple de 4.5 x 40 m. Les lits de croissance étaient recouverts d'une couche interne de polyéthylène translucide et d'une couche externe en mylar aluminé supportées par des cerceaux d'un mètre de hauteur. Le recouvrement de mylar était enlevé pendant le jour.

Avec de l'eau à 30°C, on pouvait maintenir l'air du tunnel à une température de 15°C lorsque la température extérieure atteignait -40°C pendant la nuit. Lors d'une récolte de printemps à Chicoutimi, un rendement de 6.3 kg par plant a été atteint avec les variétés de tomates Carmello et Vendor.

A 4.5 m by 21 m single poly quonset greenhouse with tunnels and Q-mats as described above was used in the second part of the evaluation. Water at 30°C was circulated through the mats from a reservoir under the growing beds. A thermostat-controlled electric heating element in the reservoir maintained the water temperature. The Q-mats had a collector efficiency of 0.15 and adequately heated the tunnels in a northern region such as Chicoutimi after mid-April without supplementary heat.

A manually-controlled cable and pulley system powered by an electric motor was developed for mechanically placing and removing growing bed tunnel covers. Each tunnel would require a separate mechanical system. The reliability and durability of the system was not tested.

In a further crop productivity experiment, short 3-stem tomato plants in a greenhouse with tunnels were compared to 3-stem and taller single-stem plants in a conventional double poly greenhouse without tunnels. The plants in the tunnel greenhouse developed faster than in the double poly greenhouse but overall yield in both greenhouses was similar.

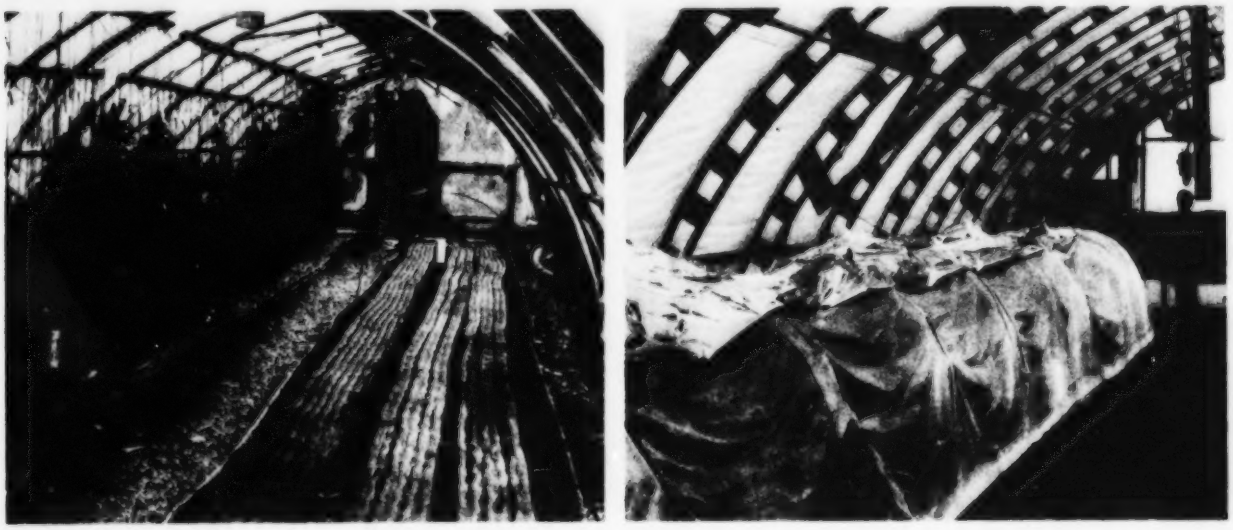
The worked continued under a subsequent contract, EC12, summarized on the next page.

Une serre de type Quonset en polyéthylène simple de 4.5 m x 21 m avec tunnels et matelas Q tels que décrits précédemment a été utilisée pour la deuxième partie de l'évaluation. De l'eau à 30°C circulait dans les matelas à partir d'un réservoir situé sous les lits de croissance. Un élément électrique commandé par thermostat maintenait la température de l'eau. Les matelas Q avaient une efficacité de captage de 0.15 et permettaient de chauffer adéquatement les tunnels après la mi-avril, sans chauffage d'appoint, dans une région du nord telle que Chicoutimi.

Un système à câbles et poulies mu par un moteur électrique et à commande manuelle a été élaboré pour la mise en place et l'enlèvement mécanique des recouvrements de tunnel. Chaque tunnel devrait avoir son propre mécanisme. La fiabilité et la durabilité du mécanisme n'ont pas été éprouvées.

Lors d'une autre expérience de productivité horticole, des plants de tomates courts à 3 tiges dans une serre avec tunnels ont été comparés à d'autres plants à 3 tiges et à des plants à tige simple plus longs dans une serre traditionnelle à polyéthylène double sans tunnels. La croissance des plants a été plus rapide dans la serre avec tunnels, mais la production globale des deux serres était similaire.

Les travaux ont été poursuivis en vertu d'un contrat subséquent (EC12), résumé à la page suivante.



Serre à voûte gothique avec matelas Q posés sur le lit de croissance (gauche) et enlèvement mécanique du recouvrement extérieur en mylar d'un tunnel (droite).
Gothic arch greenhouse with Q-mats placed on the growing bed (left) and mechanized system removing the outer mylar cover on one tunnel (right).

| | | |
|---|---|---|
| Contractor- | L'Université du Québec à Chicoutimi, Qué. | -Entrepreneur |
| Project Leader- | G. Gallagher, Centre de Recherche du Moyen-Nord | -Responsable du projet |
| Sci. Authority- | H.A. Jackson, Inst. Rech. Tech. & Stat. | -Expert scientifique |
| Project File No.- | 01916-1-EC12 | -Numéro du projet |
| Serial No.- | OSU81-00319 | -Numéro de série |
| Contract Cost- | 395 000 $ | -Coût du contrat |

## UTILIZATION OF INDUSTRIAL WASTE WATER AS AN ENERGY SOURCE FOR GROWING WINTER VEGETABLES (PHASE III)

### OBJECTIVES

Complete the development and evaluation (from contract CG01, reported on the previous page) of the double tunnel insulating system, Q-mats for solar heating and 3-stem tomato culture, for year-round production of tomatoes in colder regions, at a commercially acceptable scale.

### SUMMARY

The systems already studied have been adapted and evaluated in a commercial greenhouse complex heated using waste water from a plant.

The double tunnel insulation system exists in two types: a small tunnel covering a single bed, or a large tunnel covering all of the beds. The heat transfer coefficients for the small tunnel and large tunnel are 2.8 and 2.2 $W/m^2 \cdot °C$ respectively. Mechanization trials were carried out on both tunnels to reduce labour costs. The mechanization of the large tunnels seems feasible, even though the system developed still needs to be technically perfected. Mechanization of the small tunnels holds little interest since the difficulties encountered were too great.

It has been theoretically shown that the radiant mulch system combined with the double tunnel technique makes it possible to heat a greenhouse with low-quality waste water of 30°C temperature. Development of a system employing thin radiant tubing instead of radiant mulch also improved the adaptability of the system.

The efficiency of the radiating unit as a solar collector was also evaluated in the same combination of a double tunnel insulation system and radiant mulch heating. An average efficiency of 0.13 suggests that a greenhouse located in the Saguenay - Lac St-Jean district using these systems could be heated with solar energy only from early April.

## L'UTILISATION D'EAU REJETÉE INDUSTRIELLE COMME UNE SOURCE D'ÉNERGIE POUR CULTIVER DES LÉGUMES EN HIVER (PHASE III)

### OBJECTIFS

Compléter la mise au point et l'évaluation (à partir du contrat n° CG01 de la page précédente) du système isolant à double tunnel, du paillage radiant (Q-mats) et de la culture des tomates à trois tiges pour la production à longueur d'année de tomates en régions froides à une échelle commercialement acceptable.

### RÉSUMÉ

Les systèmes déjà étudiés ont été adaptés et évalués dans un complex serricole d'envergure commerciale qui était chauffé par les rejets thermiques d'une usine.

Le système d'isolation a double tunnel se présente sous deux formes: le petit tunnel recouvrant une seule plate-bande, ou le grand tunnel recouvrant toutes les plates-bandes d'une serre. Les coefficients de transfert de chaleur pour le petit et le grand tunnel sont respectivement de 2.8 et de 2.2 $W/m^2 \cdot °C$. Des essais de mécanisation de petit et grand tunnels ont été réalisés afin de diminuer les besoins de main-d'oeuvre. La mécanisation des grands tunnels semble possible, même si le système élaboré exige encore de la mise au point technique. Celle des petits tunnels ne présente plus d'intérêt, les difficultés rencontrées étant trop importantes.

Il a été démontré théoriquement que le système de chauffage par paillage radiant combiné à la technique du double tunnel pouvait chauffer une serre en utilisant de l'eau chaude de basse qualité dont la température se situe aux environs de 30°C. Le développement d'un système employant des tuyaux minces radiants au lieu du paillage radiant a aussi permis d'améliorer l'adaptabilité du système.

La combinaison du système d'isolation à double tunnel et du chauffage par paillage radiant a aussi été évaluée en regard de l'efficacité des éléments raidants comme capteur solaire. Une efficacité moyenne de 0.13 permet de croire qu'une serre située au Saguenay - Lac St-Jean et utilisant ces systèmes pourrait n'être chauffée qu'avec l'énergie solaire à partir du début avril.

Plant science experiments, conditioned by the fact that tomato plants had to be grown in a limited space (double tunnel), led to a refining of the two-stem or three-stem crop method and confirmed the technical feasibility of double tunnel production using radiant mulch or thin radiant tubing. These experiments discounted the three-stem growing method in favour of the two-stem growing method. The reduction of nighttime air temperature not only seems to be an effective energy conservation measure but also tends to increase crop yields.

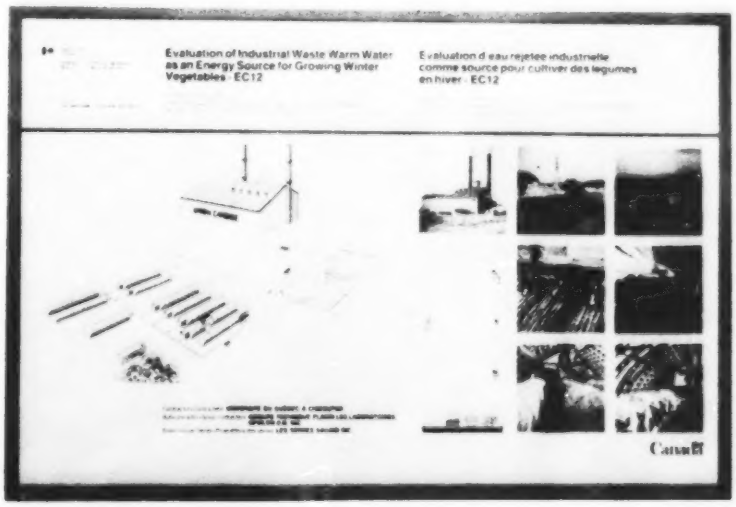
Des expériences d'intérêt phytologique, conditionnées par le fait qu'il fallait cultiver des plants de tomate en espace restreint (double tunnel), ont conduit au raffinement de la méthode de culture sur deux ou trois tiges et confirmé la faisabilité technique d'une telle production sous double tunnel avec paillage radiant ou tuyaux minces radiants. Ces expériences ont démontré l'inutilité de la tige basse en culture sur trois tiges, suggérant plutôt l'emploi de la technique de culture sur deux tiges. La réduction nocturne de la température de l'air semble être une technique qui est non seulement efficace du point de vue conservation d'énergie, mais qui a tendance à augmenter le rendement des plants.

The first year of operation showed that this new technology is energy-efficient. At the same time, it revealed a few technical problems in the area of commercial application. The same was true for the three-stem growing method. Annual tomato production in 1984 totalled 13.26 kg/$m^2$ of area under glass, which is slightly below the minimum objective of 15 kg/$m^2$ for this kind of operation in Quebec. However, since it was a first year of operation and a new technology, an improvement in performance can be easily contemplated over the short term.

Une première année d'opération a permis de constater que cette nouvelle technologie est efficace du point de vue énergétique, tout en laissant ressortir quelques problèmes d'ordre technique au niveau de son application commerciale. Il en a été de même pour la technique de culture sur trois tiges. La production annuelle de tomates en 1984 a été de 13,26 kg/$m^2$ de surface sous serre, ce qui est légèrement sous l'objectif minimal que devrait viser une telle entreprise au Québec, soit 15 kg/$m^2$. Toutefois, parce qu'il s'agissait de la première année d'opération et d'une technologie nouvelle, on peut facilement envisager une amélioration à court terme de cette performance.

Assuming that the enterprise is able to overcome the few uncontrolled technical problems and improve its productivity, the rate of return could reach the 8% target for the amortization period of the complex, which is 12 years (1984-96).

En présumant que l'entreprise réussira à surmonter les quelques difficultés techniques non contrôlées et à améliorer sa productivité, le taux de rendement du capital pourra rencontrer l'objectif de 8% pour la durée de la période d'amortissement du complexe, soit 12 ans (1984-1996).



| | | |
|---|---|---|
| Contractor- | Ecori Inc., Ottawa, Ont. | -Entrepreneur |
| Project Leader- | John D. Jones, President | -Responsable du projer |
| Scientific Authority- | D.J. Buckley, Eng. & Stat. Res. Inst. | -Expert scientifique |
| Project File No.- | 01843-1-ECO5 | -Numéro du projet |
| Serial No.- | *OSZ81-00083* | -Numéréro de série |
| Contract Cost- | $102,600 | -Coût du contrat |

EVALUATION OF MICROPROCESSORS TO CONSERVE ENERGY BY PRECISE ENVIRONMENTAL CONTROL IN GREENHOUSES

OBJECTIVES

1. To evaluate the effectiveness of microcomputer-based, direct digital controls in conserving energy in greenhouses through precise monitoring and controlling of environmental parameters.

2. To construct and install a microcomputer based control system, complete with sensors and actuators, in a commercial greenhouse, so that a computer controlled, "experimental" section of the greenhouse can be compared with a "control" section of the greenhouse operated under conventional environmental controls.

3. To take into account external weather factors, such as wind and wind direction, which may place the two halves of the greenhouse under differing external environments.

4. To evaluate the economics and payback period of the microcomputer control system after monitoring the system for two full crop years.

5. To provide copies of the system's operating software.

ÉVALUATION DE MICROPROCESSEURS POUR ÉCONOMISER L'ÉNERGIE PAR CONTRÔLE PRÉCIS DE L'AMBIANCE EN SERRE

OBJECTIFS

1. Évaluer l'efficacité de contrôles numériques directs automatisés dans l'économie d'énergie en serre par l'enregistrement et le contrôle précis de paramètres d'ambiance.

2. Construire et installer un système de contrôle par micro-ordinateurs, intégré avec détecteurs et actionneurs, dans une serre commerciale pour pouvoir comparer une section "expérimentale" de la serre contrôlée par ordinateur avec une section "témoin" régie par des contrôles classiques.

3. Prendre en compte des factuers climatiques externes comme la vélocité et la direction du vent qui peuvent placer les deux moitiés de la serre dans des conditions environnementales externes différentes.

4. Évaluer l'économie et le délai de récupération du système de contrôle par micro-ordinateur après avoir étudié le système pendant deux années de culture complètes.

5. Produire des copies du logiciel du système.

## SUMMARY

A microcomputer-based control system, complete with sensors and actuators, was installed in one half of a commercial greenhouse (Fine's Flowers Ltd.) near Ottawa. The other half of the greenhouse was used as the experimental control for tests over two growing seasons. The test greenhouse heating system was modified so that the underbed steam heat line and the three roof heating lines could be switched on in sequence by the computer as the heating demand required. Also, the computer system ensured that the heating and the exhaust systems would not be on at the same time. In the control greenhouse, which had several independent thermostatic controls, there was no automatic sequencing of heating pipes and heating and exhaust systems could be on at the same time.

Testing over two seasons indicated an energy saving of about 60% in the computer-controlled test greenhouse as compared to the control greenhouse. The energy saving was attributed mainly to the modifications to the heating system which allowed sequencing of heat lines on demand. It was concluded that conventional controllers, in conjunction with the modifications to the heating pipes, could be installed at less cost than a full computer system, particularly in older style greenhouses of the type tested. The computer system worked quite reliably over the two seasons. Copies of the system software were provided as required.

## RÉSUMÉ

Un système de contrôle par micro-ordinateur, intégré avec détecteurs et actionneurs, a été installé dans une moitié de serre commerciale (Fine's Flowers Ltd.) près d'Ottawa. L'autre moitié de la serre a servi de témoin expérimental pour des essais pendant deux saisons de culture complètes. Le système de chauffage de la serre a été modifié de façon à permettre la mise en circuit en succession par ordinateur de la canalisation de vapeur sous les bâches et des trois canalisations de chauffage en faîtière, selon la demande de chaleur nécessaire. Le système informatique assure également que les systèmes de chauffage et d'échappement ne sont pas actionnés en même temps. La serre témoin dotée de plusieurs contrôles thermostatiques indépendants ne prévoit aucune mise en circuit automatique et séquentielle des canalisations de chauffage de sorte que les systèmes de chauffage et d'échappement peuvent fonctionner en même temps.

Le testage du système pendant deux saisons de culture révèle une économie d'énergie d'environ 60% pour la serre contrôlée par ordinateur par rapport à la serre témoin. L'économie d'énergie est principalement attribuée aux modifications apportées au système de chauffage qui permettent la mise en circuit en succession des canalisations de chauffage selon la demande. Les chercheurs concluent que les appareils de contrôle classiques, conjugés aux modifications apportées aux canalisations de chauffage, pourraient être installés à meilleur coût qu'un système informatique complet, en particulier dans les serres plus anciennes du type testé. Le système informatique a très bien fonctionné au cours de deux saisons de culture. Les copies du logiciel du système ont été produites tel que demandé.

| | | |
|---|---|---|
| Contractor- | University of Saskatchewan, Saskatoon, Sask. | -Entrepreneur |
| Project Leader- | E.A. Maginnes, Dept. Horticulture Science | -Responsable du projet |
| Sci. Authority- | D.W. Campbell, Swift Current Research Station | -Expert scientifique |
| Project File No.- | 01916-2-EC28 | -Numéro du projet |
| Serial No.- | 05G82-00011 | -Numéro de série |
| Contract Cost- | $9,800 | -Coût du contrat |

## HEAT EXCHANGER TO REDUCE GREENHOUSE ENERGY COSTS AND PLANT DISEASE PROBLEMS UNDER WINTER CONDITIONS

### OBJECTIVES

To develop a heat exchanger system, to transfer heat between intake and exhaust ventilation air in an existing greenhouse, controlled by humidity and $CO_2$ sensors, to achieve maximum plant growth and minimum energy input. To monitor engineering and horticultural parameters to evaluate the system.

### SUMMARY

A review of greenhouse humidity and $CO_2$ requirements, and of heat exchanger design and operation was carried out. A heat exchanger (Del-Air) was selected to provide built-in defrost, operation in high humidity and properly sized with exhaust air flow greater than supply (150 vs. 120 CFM).

The study proceeded during the winters of 1982-83 and 1983-84 at Saskatoon in an existing 7.9 by 12.8 m quonset greenhouse with two covering layers. The inner layer was corrugated fibreglass attached directly to the greenhouse frame and the outer was 6 mil polyethylene attached around the periphery of the roof and side walls so that the layers could be separated by inflation with cold, dry outside air. The heat exchanger was installed in the north end-wall and controlled to operate when low $CO_2$ or high RH (relative humidity) levels were reached. Testing commenced once the fan openings and vents could be permanently sealed for the winter. Neither of the infrared $CO_2$ monitors used proved satisfactory when located directly in the greenhouse environment. Unfortunately it was not possible to locate them outside the structure. The dehumidistat lacked preciseness with regards to desired levels, but proved to be satisfactory as a limiting device.

## ÉCHANGEUR THERMIQUE POUR RÉDUIRE LE COÛT DE L'ÉNERGIE ET L'INCIDENCE DES MALADIES DE PLANTES DANS LES SERRES, EN HIVER

### OBJECTIFS

Mettre au point un système d'échangeur thermique qui transférera la chaleur entre les orifices d'admission et d'échappement de l'aération dans une serre existante, contrôlé par des détecteurs d'humidité et de $CO_2$, pour atteindre un maximum de croissance des plantes en même temps qu'un minimum d'énergie absorbée. Surveiller les paramètres horticoles et techniques pour évaluer le système.

### RÉSUMÉ

On a procédé à un examen des besoins en humidité et en $CO_2$ dans les serres et de la conception et du fontionnement de l'échangeur. L'échangeur thermique (Del-Air) sélectionné fournit un dégivrage incorporé et un fonctionnement à des humidités élevées; il est correctement dimensionné, la circulation de l'air d'échappement étant plus grande que celle de l'admission (150 contre 120 CFM).

L'étude a été effectuée à Saskatoon, pendant les hivers 1982-83 et 1983-84, dans une serre "quonset" existante de 7,9 m sur 12,8 m, avec deux couches de revêtement. La couche intérieure était en fibre de verre ondulée directement attachée à l'ossature de la serre, tandis que la couche extérieure était en polyétnylène de 6 mil attachée à la périphérie du toit et des murs latéraux pour que les couches puissent être séparées par gonflage d'air froid et sec pris à l'extérieur. L'échangeur thermique, situé dans le mur à l'extrémité nord, était contrôlé pour entrer en opération lorsqu'étaient atteints un niveau élevé d'humidité relative ou une basse teneur en $CO_2$. Les essais ont été commencés une fois que les évents et orifices de ventilation ont pu être définitivement scellés pour l'hiver. Aucun des dispositifs de détection du $CO_2$ à l'infrarouges ne s'est avéré satisfaisant lorsque ceux-ci étaient placés dans la serre. Malheureusement, il n'a pas été possible de les installer à l'extérieur de la serre. L'hygrostat manquait de précision en ce qui concerne les niveaux désirés, mais était satisfaisant en tant que dispositif limitatif.

Even with careful sealing, the test greenhouse had a measured ($NO_2$ tracer gas method) infiltration rate of 0.8 to 1.0 air changes per hour. Under these conditions, the heat exchanger operated infrequently so it did not reduce natural gas consumption and thus was not cost effective in energy conservation. The main value of a heat exchanger is to facilitate acceptable plant growth under winter conditions through reduced RH. This would be true in greenhouses with a single covering layer (not tested) as well as those covered with two layers that have a low infiltration rate. Based on two years of testing using different varieties of lettuce, it would appear that an RH level must be 70% or higher to promote the growth of grey mold (Botrytis cinerea).

Même soigneusement scellée, la serre à l'essai avait un taux d'infiltration mesurée de 0,8 à 1,0 changement d'air par heure (méthode du gaz de traçage, au $NO_2$). Dans ces conditions, l'échangeur thermique fonctionnait rarement et ne réduisait donc pas la consommation de gaz naturel; par conséquent, il n'a pas été rentable pour la conservation de l'énergie. La valeur principale de l'échangeur thermique tient à ce qu'il facilite une croissance acceptable des plantes en hiver, lorsque l'humidité relative est réduite. Ceci serait vrai pour les serres n'ayant qu'une couche de revêtement (non éprouvées) ainsi que pour celles recouvertes de deux couches et qui ont un taux d'infiltration plus bas. Après deux ans d'essai en utilisant diverses variétés de laitue, il semblerait que le niveau d'humidité relative doit être de 70% ou plus pour encourager la croissance de la pourriture grise (Botrytis cinerea).

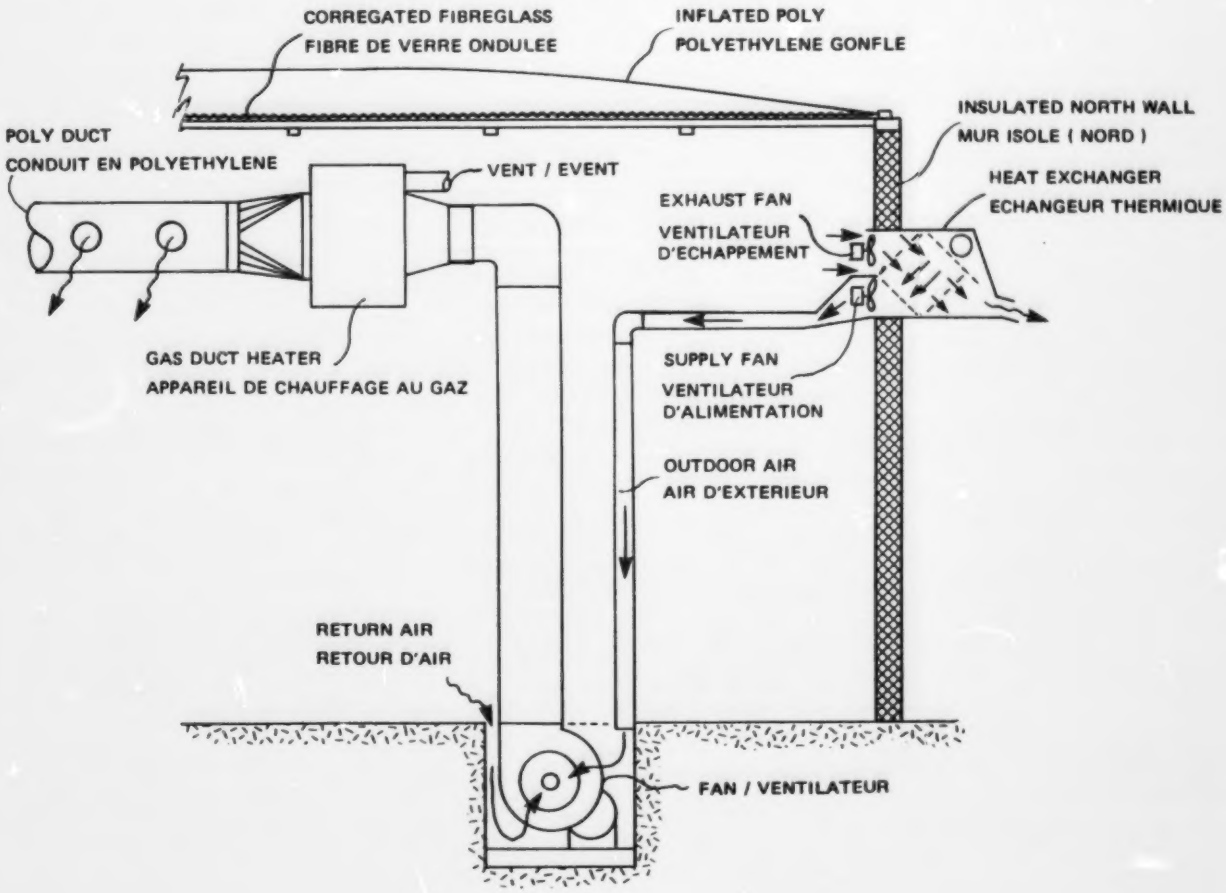



Diagram of heat exchanger and heating system in the test greenhouse.
Diagramme de l'échangeur thermique et du système de chauffage dans la serre d'essai.

| | | |
|---|---|---|
| Contractor- | M. Letourneau, Saint-Luc-de-Dijon, Qué. | -Entrepreneur |
| Project Leader- | M. Letourneau, serriculteur | -Responsable du projet |
| Sci. Authority- | R. Chagnon, Station de Recherches, St. Jean | -Expert scientifique |
| Project File No.- | 01843-1-ER18 (UP-L-176) | -Numéro du projet |
| Serial No.- | 15081-00187 | -Numéro de série |
| Contract Cost- | 35 800 $ | -Coût du contrat |

(Contrat adjugé à la suite d'une proposition spontanée)
(Contract awarded as a result of an Unsolicited Proposal)

## HEMISPHERIC SOLAR GREENHOUSE

### OBJECTIVES

To evaluate a new type of solar greenhouse, already conceived and built, by comparing energy and agronomic characteristics to a conventional greenhouse. To evaluate its ease of operation and its possible commercial use.

### SUMMARY

The experimental hemispheric greenhouse is 12.4 m in diameter and 6 m high, with an exterior frame of 21 wooden bars and covered with polyethylene UV-4. Two panels sliding one behind the other provide an openable interior shell, turning on a central axis to follow the movement of the sun. The shell is made of aluminum sheets insulated with 6.35 cm of polyurethane (R20). The concave interior surface is painted white to reflect the light onto the crop. The shell is closed hermetically during the night. Ventilation is provided by controlled openings in the foundation circumference, but energy can also be collected for storage in the soil and reuse during the night or cold spells.

The conventional, control greenhouse is 6.6 m x 31 m, and oriented east-west. It is a double polyethylene covered wood-frame quonset type, equipped with wood heating.

Results obtained between May 1, 1982 and December 1, 1983 showed slower temperature and humidity fluctuations in the solar greenhouse than in the control greenhouse. On a daily basis, the experimental greenhouse captured 21% more energy during the summer and 13% more solar energy during autumn and spring compared to the conventional greenhouse.

## SERRE SOLAIRE HÉMISPHÉRIQUE

### OBJECTIFS

Évaluer un nouveau type de serre solaire, déjà conçue et construite, pour ses caractéristiques energétiques et agronomiques et la comparer à une serre conventionnelle. Évaluer sa facilité d'opération et ses possibilités d'utilisation commerciale.

### RÉSUMÉ

La serre expérimentale est hémisphérique de 12,4 m de diamètre et de 6 m de hauteur, dont la charpente extérieure est composée de 21 barres de bois et recouverte d'un film de polyéthylène UV-4. Une coque intérieure peut s'ouvrir par l'action de deux panneaux coulissant l'un derrière l'autre. Les deux composantes tournent autour d'un axe central en suivant le déplacement du soleil. Les panneaux qui forment la coque sont une tôle d'aluminium isolée par 6,35 cm de polyuréthane (R20). La surface intérieure de forme concave est peinte en blanc pour refléchir la lumière sur les cultures. La coque est fermée hermétiquement durant la nuit. La ventilation est assurée par des ouvertures contrôlables situées dans le pourtour du solage, mais l'énergie peut aussi être récupérée pour emmagasinement dans le sol et réutilisation durant la nuit ou pendant les périodes froides.

La serre conventionnelle témoin est 6.6 m x 31 m et orientée d'est en ouest. Sa structure est composée d'arceaux de bois recouverte d'un double polyéthylène et munie d'un chauffage au bois.

Les résultats enregistrés entre le 1er mai 1982 et le 1er décembre 1983, montrent que la température et l'humidité fluctuent moins rapidement dans la serre solaire que dans la serre témoin. Sur une base quotidienne, la serre expérimentale capte 21% plus d'énergie durant l'été et 13% plus d'énergie solaire pendant l'automne et le printemps par rapport à la serre conventionnelle.

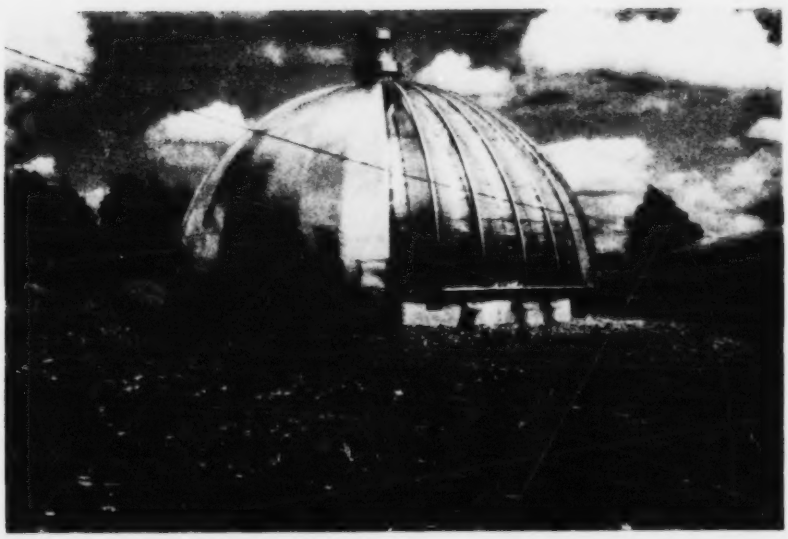
The yields of saleable tomatoes per plant were equal for the two greenhouses, and 9% more per $m^2$ for the solar greenhouse. The solar greenhouse was estimated to use less than 10% of the energy needed to heat the control greenhouse. However, it remains to be demonstrated that this structure can deliver high productivity at realistic costs.

Les rendements en terme de tomates vendables par plant sont égaux pour les deux serres et de 9% plus élevés par $m^2$ pour la serre solaire. On peut estimer que cette serre solaire utilise moins de 10% de l'énergie nécessaire à chauffer la serre témoin. Cependant, il reste encore à démontrer que cette structure puisse favoriser une haute productivité à des coûts réalistes.

Associated Publication:

Publication de ce travail:

Begin S., Gosselin A., Trudel M.J., Dubé P.A., Chagnon R. 1983. Evaluation of hemispherical solar greenhouse. Paper for Third International Greenhouse Energy Symposium, Columbus, Ohio (August).



Solar greenhouse with shell open to the sun.
Serre solaire avec la coque ouverte vers le soleil.

| | | |
|---|---|---|
| Contractor- | Reltec Inc., Kanata, Ont. | -Entrepreneur |
| Project Leader- | M.F. Sullivan, President | -Responsable du projet |
| Sci. Authority- | D.J. Buckley, Eng. & Stat. Res. Inst. | -Expert scientifique |
| Project File No.- | 01916-2-ER22 | -Numéro du projet |
| Serial No.- | OSZ82-00064 | -Numéro de série |
| Contract Cost- | $16,400 | -Coût du contrat |

## TECHNICAL ASSESSMENT AND MARKET SURVEY OF MICROCOMPUTER CONTROLLERS FOR GREENHOUSES

### OBJECTIVES

To determine the Canadian requirements for microcomputer controllers for greenhouses and assess how well existing commercial controllers meet these requirements. To design a controller if the findings show that a viable market exists.

### SUMMARY

In collaboration with Statistics Canada, a questionnaire was developed for use in a telephone survey, and greenhouse operators were contacted to obtain an assessment of the industry. The survey was carried out by telephone after a letter had been forwarded to each member of the sampled group. Of the 75 chosen, a total of 67 replies were obtained.

The first group of 36 respondants, representing the 50 largest greenhouse growers in Canada, all had sales over $500,000. Using a Statistics Canada Report, the $500,000 level would have been achieved by approximately 75 operations in Canada in 1981. Of this group, 28% had fewer than 10 employees, 11% had between 10 and 14 employees, while the remaining 61% had more than 14 employees. Only one operator was growing vegetables in his operation. Of this first group, 90% were growing potted flowers and the entire group was operating year round. Of the second group of small operators (31), 35% had sales between $250,000 and $500,000, while the remainder sold less than $250,000. Of these small operations, 50% had less than 10 employees. Thirty percent of the large producers had over 4 acres while 77% of the small producers had less than 2 acres.

Of the group with sales over $500,000 and an operation over 4 acres, 50% said that they currently used a computer in their operation

## ÉVALUATION TECHNIQUE ET ÉTUDE DU MARCHÉ DE CONTRÔLEURS DE SERRES PILOTÉS PAR MICRO-ORDINATEUR

### OBJECTIFS

Déterminer les besoins canadiens de contrôleurs de serres pilotés par micro-ordinateur et évaluer jusqu'à quel point les contrôleurs commerciaux actuels satisfont ces besoins. Concevoir un contrôleur si les résultats révèlent qu'il existe bel et bien un marché viable.

### RÉSUMÉ

En collaboration avec Statistique Canada, un questionnaire a été élaboré pour servir à une enquête téléphonique, et des serristes ont été contactés pour obtenir une évaluation du secteur. L'enquête a été effectuée par téléphone après envoi d'une lettre à chaque membre du groupe échantillonné. Sur les 75 enquêtés retenus, 67 ont répondu.

Les 36 enquêtés du premier groupe, représentant les 50 plus gros serristes au Canada, affichaient tous des ventes de plus de 500 000 $. À l'aide d'un rapport de Statistique Canada, le chiffre d'affaires de 500 000 $ aurait été atteint par environ 75 exploitations au Canada en 1981. Dans ce groupe, 28% des exploitants avaient moins de 10 employés, 11% avaient de 10 à 14 employés, alors que le reste (61%) comptait plus de 14 employés. Seul un exploitant cultivait de légumes. Dans ce premier groupe, 90% des exploitants cultivaient de fleurs en pot et tout le groupe était en exploitation à longueur d'année. Dans le second groupe de petits exploitants (31), 35% affichaient un chiffre d'affaires situé entre 250 000 et 500 000 $, alors que le reste vendait pour moins de 250 000 $. Parmi ces petits exploitants, 50% comptaient moins de 10 employés. En outre, 30% des gros producteurs possédaient plus de 4 acres de terre, alors que 77% des petits producteurs en possédaient moins de deux acres.

Dans le groupe d'exploitants affichant un chiffre d'affairs de plus de 500 000 $ et dans une exploitation de plus de 4 acres, 50% ont déclaré

while 33% said they were considering the use of a computer system for either business or both business and environmental control. None of the small growers were using a microcomputer for either business or environmental control. Twelve per cent said they were considering a computer for business applications while 25% said they were considering both. Only one in this group was contemplating a purchase in the next 12 months.

utiliser couramment un ordinateur dans leur exploitation, alors que 33% ont déclaré songer à utiliser un système informatique, soit pour gérer leur entreprise et contrôler l'environnement. Aucun des petits exploitants n'utilisait de micro-ordinateur, que ce soit pour gérer l'entreprise ou contrôler l'environnement. Douze pour cent ont déclaré songer à utiliser un micro-ordinateur aux fins d'application à la gestion de leur entreprise, alors que 25% ont déclaré envisager les deux applications. Un seul exploitant de ce groupe prévoyait faire un achat dans les 12 prochains mois.

Thus, there is not a viable business in Canada for a new manufacturer of greenhouse control systems in the medium- to high-price market. Less than 30 sales of this type of system are likely in the short term in Canada. Even a 30% market share would be insufficient to run a viable operation since the 10 or so systems would generate less than $300,000 in sales. For the next two or three years sales would likely not exceed this value. The smaller operations are not likely to spend up to $30,000 on a control system since the return on investment will be low. There is one Canadian entry in this market who appears to be doing reasonably well in terms of customer acceptance and support.

Il n'existe donc pas à l'heure actuelle de marché rentable au Canada pour un nouveau fabricant de systèmes de contrôle des serres dans une fourchette de prix moyens à élevés. En effet, moins de 30 ventes de ce type de système sont à prévoir à court terme au Canada. Même une part du marché de 30% serait insuffisante pour exploiter une entreprise rentable puisque environ 10 systèmes de ce genre produiraient moins de 300 000 $ de chiffre d'affaires. Au cours des deux à trois prochaines années, il est également peu probable que les ventes dépassent ce niveau. Il est également peu probable que les petits exploitants dépensent jusqu'à 30 000 $ sur un système de contrôle puisque le taux de rendement serait plutôt faible. Il existe un débouché canadien sur ce marché qui semble se comporter raisonnablement bien en termes d'acceptation et de soutien du consommateur.

The market for a more primitive controller exists. This field is well covered by foreign manufacturers and two or three Canadian manufacturers. Growers expressed a loyalty to well-known, primarily European, names.

Il existe en effet un marché pour un contrôleur plus primitif. Ce domaine est bien investi par les fabricants étrangers et par deux ou trois fabricants canadiens. Les producteurs ont fait preuve de loyauté envers des marques bien connues essentiellement européennes.

The market for a controller designed specially for the Canadian growers does not exist. Growers stated that the present equipment was sophisticated enough for their requirements. No serios problems were expressed as a result of the Canadian environment.

Mais il n'existe pas de marché pour un contrôleur conçu spécialement à l'intention des producteurs canadiens. Les producteurs ont déclaré que l'équipment était assez perfrectionné pour satisfaire leurs besoins. Ils n'ont mentionné aucun problème grave découlant de leur utilisation sur l'environnement canadien.

Equipment for $CO_2$ sensing and control was judged expensive but adequate.

L'équipement de détection du $CO_2$ et de contrôle de sa concentration a été jugé onéreux, mais satisfaisant.

| | | |
|---|---|---|
| Contractor- | University of British Columbia, Vancouver, B.C. | -Entrepreneur |
| Project Leader- | L.M. Staley, Bio-Resource Engineering Dept. | -Responsable du projet |
| Sci. Authority- | J.M. Molnar, Saanichton Research Station | -Expert scientifique |
| Project File No.- | 01706-0-0101 | -Numéro du projet |
| Serial No.- | 05880-00184 | -Numéro de série |
| Contract Cost- | $96,800 | -Coût du contrat |

## SOLAR ENERGY CAPTURE IN SHED AND CONVENTIONAL GREENHOUSES.

### OBJECTIVES

To supply design information and construction supervision for research solar greenhouses being erected at the Saanichton Research Station.

### SUMMARY

A shed-type glass greenhouse incorporating underground rock bed heat storage and thermal curtains was set up for comparison with a conventional glass greenhouse. The test greenhouse was oriented east-west, and the north wall insulated. On the north wall, black cloth panels collect solar energy, with the heated air then conveyed by ducts and a centrifugal fan to the rock storage.

The shed-type design was based on previous computerized mathematical simulations. The insulated north wall was expected to reduce the heating load by 11 to 20% and increase the incoming solar energy transmission ranging from up to 25% in December to nil in June.

For heat storage, a rock size of 25 to 38 mm was selected from a literature review. Allowing for physical constraints, the size and configuration of the bed was based on calculations for the critical design month (April) where weather patterns suggested that the storage should take 3.7 days to be charged, and the heat last for 4.9 days during cloudy weather. Greenhouse construction was accomplished from September 1980 to June 1981. A data acquisition system was installed, and the first experimental crop (of cucumbers) planted in July 1981.

## CAPTAGE D'ÉNERGIE SOLAIRE DANS DES SERRES À TOIT EN APPENTIS ET CLASSIQUES

### OBJECTIFS

Fournir des données de conception et assurer la supervision de la construction de serres solaires érigées à la Station de recherches de Saanichton.

### RÉSUMÉ

Une serre en verre à toit en appentis caractérisée par un lit en pierres souterrain de stockage et par des écrans thermiques a été érigée à des fins de comparaison avec une serre en verre classique. La serre d'essai était orientée est-ouest et le mur nord était isolé. Sur le mur nord, des panneaux de tissu noir captent l'énergie solaire et l'air ainsi réchauffé est ensuite transporté par des conduits et un ventilateur centrifuge jusqu'au lit en pierres de stockage.

Le modèle à toit en appentis s'appuie sur les simulations mathématiques informatisées précédentes. Le mur nord isolé devait réduire la charge de chauffage de 11 à 20% et accroître la transmission d'énergie solaire incidente de zéro en juin jusqu'à 25% en décembre.

Pour le stockage de la chaleur, une taille des pierres de 25 à 38 mm a été choisie à partir d'une étude bibliographique. En tenant compte des contraintes matérielles, la taille et la configuration du lit de pierres s'appuient sur des calculs effectués pour le mois critique (avril) où les régimes climatiques laissent entrevoir que le stockage prendrait 3,7 jours et que la chaleur ainsi emmagasinée durerait pendant 4,9 jours par temps couvert. La construction de la serre a eu lieu de septembre 1980 à juin 1981. Le système d'acquisition de données a été installé et la première culture expérimentale (concombres) a été semée en juillet 1981.

Data collection was initiated, but only preliminary information was obtained. The work was continued under a subsequent contract (ER04) summarized on the next page.

La collecte des données a commencé, mais on n'a obtenu que des informations provisoires. Le travail s'est poursuivi sous un autre contrat (ER04) résumé à la page suivante.

Associated Publication:

Publication de ce travail:

Staley, L.M.; Monk, G.J.; Molnar, J.M. 1981. Design, Construction and Operating Experience with Two Commercial Solar Heated Greenhouses. Can. Soc. Agric. Eng. (CSAE) Annual Meeting, Paper No. 81-232 (August).

Shed-type greenhouse beside the control greenhouse.
Serre à toit en appentis à coté de la serre témoin.

| | | |
|---|---|---|
| Contractor- | University of British Columbia, Vancouver, B.C. | -Entrepreneur |
| Project Leader- | L.M. Staley, Bio-Resource Engineering Dept. | -Responsable du projet |
| Sci. Authority- | J.M Molnar, Saanichton Research Station | -Expert scientifique |
| File No.- | 01843-1-ER04 | -Numéro du projet |
| Serial No.- | 05881-00281 | -Numero de série |
| Cost- | $206,000 | -Coût du contrat |

## PERFORMANCE OF SOLAR AND SOIL THERMAL STORAGE GREENHOUSE SYSTEMS

### OBJECTIVES

To carry out studies comparing the performance of a solar shed greenhouse, erected under an earlier contract (0101), to a conventional design. To instrument and evaluate the performance of a greenhouse with soil thermal storage.

### SUMMARY

Data collection and analysis were carried out on the solar shed greenhouse, including maintenance, modifications, and refinement of the control system.

Total energy savings in the solar shed were calculated to be 34%, and on an expanded, gutter-connected unit would achieve annual energy savings of 43%, or payback periods of 2.5 and 5.8 years for oil and gas heating, respectively. Crop yields were not significantly different between the solar shed and the control greenhouse.

Based on research work in Japan, designs were developed for two earth thermal storage test greenhouses. One was a glass gable structure, and the other a Quonset style covered with double polyethylene. Both were equipped with 10-cm, PVC pipes buried in the earth beneath the greenhouse floor, with associated air circulation arrangements. Commercial retractable thermal curtains were also installed. Initial testing of the greenhouses indicated that annual total energy savings would be approximately 20%, for a payback period of approximately 2.7 years.

A program designed to determine steady state heat flow and pipe air temperatures in the earth predicted that the air temperature should be reduced 3.3°C over a pipe equal in length to the greenhouse, very close to the measured value of 3.0°C .

## RENDEMENT DE SERRES SOLAIRES ET DE SYSTÈMES DE STOCKAGE THERMIQUE EN TERRE

### OBJECTIFS

Effectuer des études pour comparer le rendement d'une serre solaire à toit en appentis, érigée en vertu d'un contrat antérieur (0101), à une serre classique. Equiper d'appareils et évaluer le rendement d'une serre à stockage thermique en terre.

### RÉSUMÉ

La collecte et l'analyse des données ont été effectuées sur la serre solaire à toit en appentis en incluant l'entretien, les modifications et l'épuration du système de contrôle.

Les économies totales d'énergie de la serre à toit en appentis ont été calculées à 34% et, pour la serre à chapelles multiples, ces économies annuelles seraient de 43%, pour des périodes de récupération de 2,5 et de 5,8 ans pour un chauffage au mazout et au gaz respectivement. Les rendements des cultures n'ont pas été significativement différents entre la serre solaire et la serre témoin.

D'après les travaux de recherche effectués au Japon, des modèles ont été mis au point pour deux serres d'essai à stockage thermique en terre. L'une se composait d'une structure à pignons en verre et l'autre était du style tunnel recouverte d'un double polyéthylène. Les deux serres étaient équipées de canalisations en PVC de 10 cm de diamètre enterrées dans la terre sous le plancher de la serre avec les dispositifs de circulation d'air correspondants. Des écrans thermiques rétractibles commerciaux ont également été installés. Les premiers essais des serres ont révélé que les économies totales annuelles d'énergie seraient d'environ 20% pour une période de récupération d'environ 2,7 ans.

Un programme conçu pour assurer une circulation de chaleur et des températures constantes de l'air des canalisations dans la terre a permis de prédire que la température de l'air devrait être réduite de 3,3°C sur la longueur d'une canalisation égale à la serre, soit une prédiction très proche de la valeur mesurée de 3,0°C.

This indicates that air flow direction could be kept constant during charging and discharging, eliminating the reversing dampers and their motors ($500 cost).

Cela signifie que la direction de l'écoulement de l'air pourrait être gardée constante au cours du chargement et du déchargement, éliminant ainsi les registres d'inversion et leurs moteurs (coût de 500 $).

The greenhouse control/data acquisition computer seemed to increase the efficiency of the solar systems by approximately 20%. Accurate temperature control alone could give a 5% increase.

L'ordinateur de contrôle et d'acquisition des données de la serre a semblé accroître d'environ 20% l'efficience des systèmes solaires. Le seul contrôle rigoureux de la température pourrait donner un accroissement de 5%.

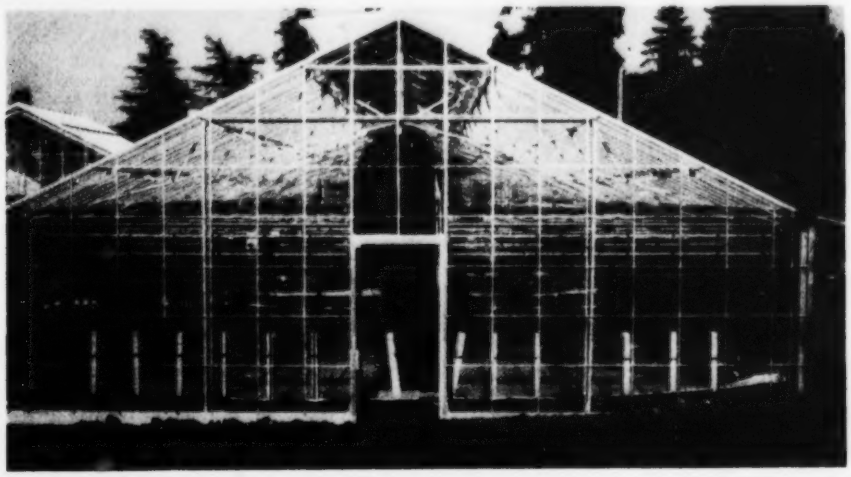
The work was continued under a subsequent contract (ER32) summarized on the next page.

Le travail s'est poursuivi en vertu d'un contrat subséquent (ER32) résumé à la page suivante.

Associated Publications:

Publications de ce travail:


1. Staley, L.M.; Monk, G.J.; Molnar, J.M. 1982. First Year Performance of a Shed-Type Solar Greenhouse. Proceedings of Energex '82, Solar Energy Society of Canada Inc., 1: 375-380 (August).
2. Staley, L.M.; Molnar, J.M.; Monk, G.J. 1982. Collecting, storing and using solar energy in commercial greenhouses. Can. Soc. Hort. Abstract (July).
3. Staley, L.M.; Monk, G.J.; Van Zinderen Bakker, E.M.; Molnar, J.M. 1982. First year performance of two commercial solar heated greenhouses. Amer. Soc. Agric. Eng. (ASAE) Winter Meeting, Paper no. 82-4540 (December).
4. Monk, G.J.; Staley, L.M.; Molnar, J.M.; Thomas, D. 1983. Design, construction and performance of two earth thermal storage solar greenhouses. Can. Soc. Agri. Eng. (CSAE) Annual Meeting. Paper No. 83-405 (July).
5. Molnar, J.M.; Monk, G.J.; Staley, L.M. 1983. Greenhouse energy conservation studies at the Saanichton Research and Plant Quarantine Station. Presented, 1983 Ornamentals North West Seminars, Portland, Oregon.
6. Staley, L.M.; Molnar, J.M.; Monk, G.J. 1983. First year performance of a shed-type solar greenhouse. In Canadex 731 (March).
7. Van Zinderen Bakker, E.M.; Molnar, J.M.; MacKenzie, A.G.; Monk, G.J. 1984. Process control, energy reduction and data acquisition of a fully programmable greenhouse computer. Acta Hortic. 148:309-316.

**Vertical pipe extensions inside earth thermal storage glass gable greenhouse.**
**Prolongements verticaux des canalisations à l'intérieur de la serre à pignons en verre de stockage thermique en terre.**

| | | |
|---|---|---|
| Contractor- | University of British Columbia, Vancouver, B.C. | -Entrepreneur |
| Project Leader- | L.M. Staley, Bio-Resource Engineering Dept. | -Responsable du projet |
| Sci. Authority- | J.M. Molnar, Saanichton Research Station | -Expert scientifique |
| Project File No.- | 01916-3-ER32 | -Numéro du projet |
| Serial No.- | OSB83-00380 | -Numéro de série |
| Contract Cost- | $139,300 | -Coût du contrat |

## CONTINUED STUDY OF SOLAR AND SOIL THERMAL STORAGE GREENHOUSE SYSTEMS PERFORMACE

### OBJECTIVES

Continue the greenhouse performance comparisons from a previous contract (ER04), to complete at least one year of testing the earth thermal storage systems as well as improving ventilation control and expanding computer control/data acquisition.

### SUMMARY

The required management of the facilities and the experiment were carried out, and data collected and analysed.

From the previous work, three structures were available to provide data on solar radiation transmission. These were (1) a 6.4 x 18.3 m shed-type glass greenhouse with south roof surface tilted at 26.5°, and with a solar collector feeding a rock thermal storage bed, (2) a 10.8 x 19.3 m conventional glass greenhouse, oriented east-west, having 26.5° roof slopes and transferring excess daytime solar heat gain to earth storage, and (3) a 10.8 x 19.3 m conventional glass greenhouse, oriented east-west, as a control.

Based on the total transmission factor, the solar shed was 32% more efficient than the control greenhouse during October, 1983 to March 1984, and 18% more efficient for the rest of the experimental period. The earth storage greenhouse efficiency was similar to the control.

An additional test was carried out to evaluate commercial thermal curtains installed in the above 3 greenhouses. The installations included mechanisms to fold the curtains open during day time, and deploy them under the roof and along the walls during the night to reduce heat losses. On the shed and control greenhouses, nylon-reinforced aluminum foil-polyethylene laminate material was used for the side walls and a porous material,

## SUITE DE L'ÉTUDE SUR LE RENDEMENT DE SERRES SOLAIRES ET DE SYSTÈMES DE STOCKAGE THERMIQUE EN TERRE

### OBJECTIFS

Poursuivre la comparaison du rendement de serres d'un contrat précédent (ER04), pour compléter au moins un an d'essais des systèmes de stockage thermique en terre, améliorer le contrôle de la ventilation et élargir le contrôle informatique et l'acquisition des données.

### RÉSUMÉ

La gestion requise des installations et l'expérience ont été exécutées, et les données ont été recueillies et analysées.

Trois structures étaient disponibles à même le travail antérieur pour fournir des données sur la transmission de chaleur par rayonnement solaire. Ces structures étaient (1) une serre en verre à toit en appentis de 6,4 x 18,3 m au toit sud incliné à 26,5°, équipée d'un capteur solaire alimentant un lit en pierres de stockage thermique, (2) une serre en verre classique de 10,8 x 19,3 m orientée est-ouest au toit incliné de 26,5°, équipée d'un système de transfert du surplus de chaleur solaire produit pendant le jour à un dispostif de stockage en terre et (3) une serre en verre classique de 10,8 x 18,3 m, orientée est-ouest, comme témoin.

D'après le facteur de transmission totale, la serre solaire à toit en appentis était de 32% plus efficiente que la serre témoin, d'octobre 1983 à mars 1984, et de 18% plus efficiente pour le reste de la période expérimentale. L'efficience de la serre à stockage en terre se comparait à la serre témoin.

Un autre essai a été effectué pour évaluer des écrans thermiques commerciaux installés dans les trois serres susmentionnées. Les installations comprenaient des mécanismes servant à plier les écrans ouverts pendant le jour et à les déployer sous le toit et le long des murs pendant la nuit pour réduire les pertes de chaleur. Pour les serres à toit en appentis et témoins, on a utilisé un matériau laminé fait de feuilles d'aluminium et de polyéthylène renforcé de nylon pour les murs

black terylene LS100, to avoid condensation collecting and dripping on the crop, was used for the top cover. The laminate material was used throughout for the earth storage greenhouse, since the top cover was sloped, permitting condensation to run off to the gutters. Energy consumption for the three greenhouses was determined by monitoring flow rate and supply and return temperatures of the heating water.

Energy savings ranging from 43.3 to 49.9% resulted from using the thermal curtains. Economic projections suggested that such curtains would be a profitable investment for most circumstances.

Verification monitoring of the entire greenhouse complex, leading to a comprehensive final report is being completed under a follow-on contract (ER50).

latéraux, et un matériau poreux, le térylène noir LS100, a été utilisé comme sous-toit pour empêcher la condensation et le dégouttement d'eau sur les cultures. Le matériau laminé a servi pour la serre à stockage de chaleur en terre puisque le sous-toit était incliné, permettant à l'eau de condensation de s'égoutter vers les gouttières. La consommation d'énergie pour les trois serres a été déterminée par le contrôle du débit, ainsi que par les températures d'arrivée et de retour de l'eau de chauffage.

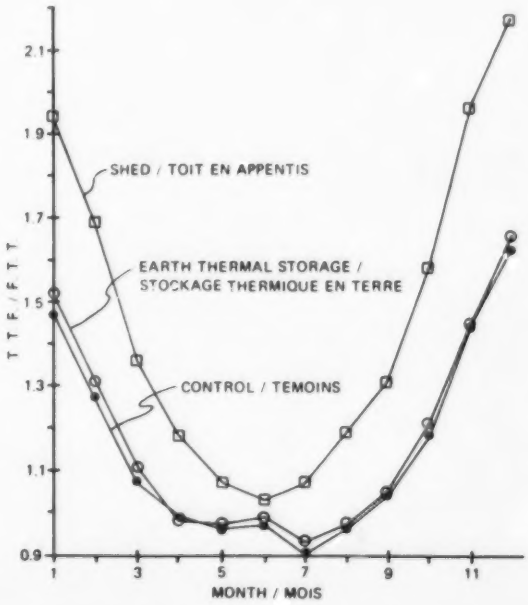
L'utilisation des écrans thermiques a permis des économies d'énergie de 43,3 à 49,9 %. Les projections économiques donnent à penser que ce genre d'écran serait un investissement rentable dans la plupart des cas.

La vérification de tout le complexe de serres qui débouchera sur un rapport final détaillé se poursuit en vertu d'un contrat de suivi (ER50).

Associated Publications:

Publications de ce travail:


1. Lau, A.K., Staley, L.M., Monk, G.T., Molnar, J.M. 1984. Solar radiation transmission in greenhouses. Amer. Soc. Agric. Eng. (ASAE) Winter Meeting, Paper No. 84-4535 (December).
2. Staley, L.M., Monk, G.J., Molnar, J.M. 1986. The influence of thermal curtains on energy utilization in glass greenhouses. J. Agric. Eng. Res. (In Press).
3. Staley, L.M., Monk, G.J., Tomas, D., Lau, A.K., Molnar, J.M. 1983. Earth thermal heat exchange systems for solar greenhouses. Amer. Soc. Agric. Eng. (ASAE) Winter Meeting, Paper No. 83-4525 (December).
4. Staley, L.M., Monk, G.J., Molnar, J.M. 1984. Energy saving in commercial greenhouses. Country Life in British Columbia, 70 (8): pp A6-A7.


Total transmission factor (TTF) for 3 types of greenhouses, October 1983 to September 1984.
Facteur de transmission totale (F.T.T.) pour trois types de serres, d'octobre 1983 à septembre 1984.

| | | |
|---|---|---|
| Contractor- | R.G. Kerr & E. Brunet, Dalkeith, Ont. | -Entrepreneur |
| Project Leader- | R.G. Kerr | -Responsable du projet |
| Sci. Authority- | P. Van Die, Eng. & Stat. Res. Inst. | -Expert scientifique |
| Project File No.- | 01843-0-SG01 | -Numéro du projet |
| Serial No.- | 05Z80-00072 | -Numéro de série |
| Contract Cost- | $27,100 | -Coût du contrat |

## SUPPLEMENTAL HEAT FROM COMPOST FOR A SOLAR GREENHOUSE

### OBJECTIVES

Determine the technical and economic feasibility of composting waste, using readily and adequately available material, to provide supplemental heat for a commercial-scale solar greenhouse, by doing a feasibility study, testing heat output from different composts and designing, constructing and operating a system.

### SUMMARY

The work was carried out by reviewing appropriate literature and testing different compost/greenhouse systems. Temperatures were measured at various locations to evaluate performance and crops were grown in the greenhouse.

During the first year, a greenhouse was built beside a compost pile at a commercial composting operation. Heat was transported between the compost and the greenhouse by means of water in pipes connected to a mat of tubing in the compost pile. However, once the pile was built in the winter, the system could not be easily changed or experimented with. The second year, the compost was made inside a greenhouse. Heat and carbon dioxide from the pile were moved to the planting area with minimal losses.

The greenhouse building was designed to accomodate the compost chamber in the north half. The south-facing glass roof was sloped at 45°; the north roof was two-thirds glazed. The north wall of the compost chamber opens so that the compost material can be moved in and out. Compost was made from chopped spoiled hay, bark chips, pig manure and various minerals. A plastic wall was installed between the greenhouse and the compost to protect the plants from exposure to released ammonia.

## CHALEUR D'APPOINT D'UN COMPOST POUR UNE SERRE SOLAIRE

### OBJECTIFS

Évaluer la faisabilité technique et économique du compostage de déchets, en utilisant les matières facilement disponibles, pour fournir de la chaleur d'appoint à une serre solaire commerciale par une étude de faisabilité, par des mesures de la production de chaleur de différents composts et par la conception, la construction et l'exploitation d'une installation.

### RÉSUMÉ

Les travaux consistaient à étudier la documentation pertinente et à essayer différentes combinaisons serre-compost. Les températures ont été mesurées en divers endroits pour évaluer le rendement et différentes espèces ont été cultivées dans la serre.

Au cours de la première année, une serre a été construite à côté d'un tas de compost d'une installation de compostage commerciale. Des tuyaux contenant de l'eau et reliés à une batterie de tubes dans le tas de compost assuraient la circulation de la chaleur du compost à la serre. Malheureusement, la serre ayant été construite en hiver, il était difficile de modifier ou d'expérimenter l'installation. Pour la deuxième année, le compost a été incorporé à la serre. La chaleur et le bioxyde de carbone étaient tranférés du compost à la zone de croissance avec peu de perte.

La serre était conçue pour abriter le compost dans sa moitié nord. Le toit vitré orienté au sud était incliné à 45°; la partie nord du toit était vitrée aux deux-tiers. Le mur nord de la chambre à compost pouvait être ouvert pour l'enlèvement ou l'ajout de compost. Le compost était constitué de foin avarié haché, de copeaux d'écorce, de fumier de porc et de divers minéraux. Un paroi de plastique isolait la serre du compost pour éviter d'exposer les plants aux émanations d'ammoniac.

There were two modes of operation, the first when ammonia was present and the plants were at the seedling stage. Air from the pile was passed through a cross-flow, hollow-core, polypropylene-sheet heat exchanger before being exhausted outside. The second mode was used later when there was no more ammonia. Air was passed directly from the compost pile to the plant area, supplying carbon dioxide enrichment to the plants.

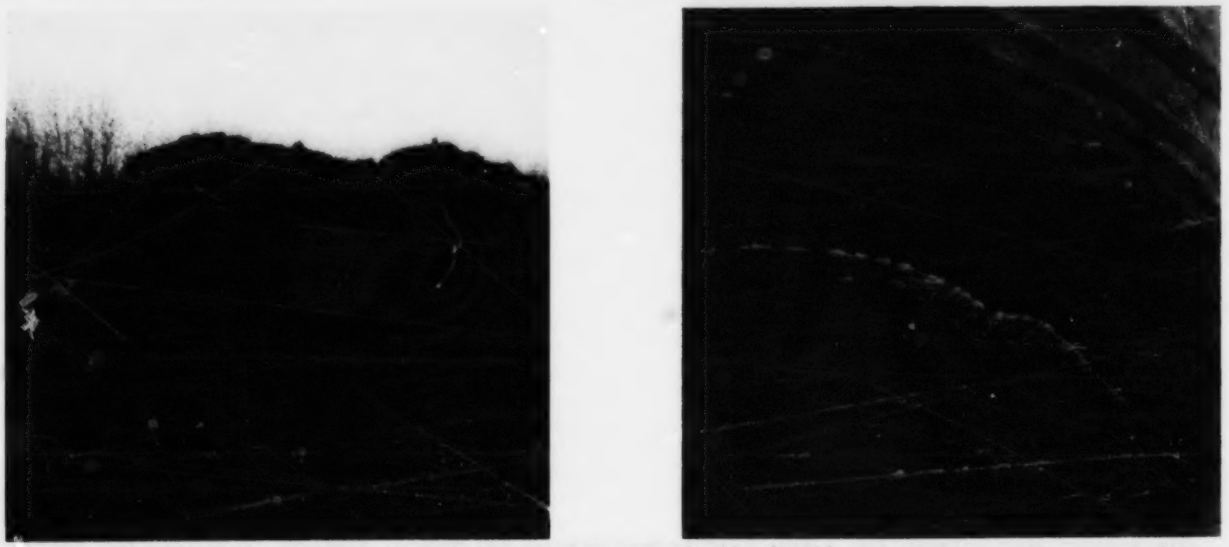
Deux modes d'exploitation ont été utilisés; le premier, lorsque de l'ammoniac émanait du compost et que les plants étaient encore jeunes. L'air du tas de compost passait par un échangeur thermique en feuilles de polypropylène, à âme creuse et à écoulements croisés avant d'être évacué à l'extérieur. Le second mode a été utilisé plus tard, lorsqu'il n'y avait plus d'émanations d'ammoniac. L'air circulait directement du tas à la zone de culture, augmentant ainsi la concentration en bioxyde de carbone de l'air des plants.

The heat extraction rate from the pile was measured indirectly to be about 10 kW. This rate was sustained for a four-hour period and then shut down for twenty hours. The heat extraction was started when temperature of the compost was about 55°C. The pile volume when built was about 80 $m^3$ and was reduced to 22 $m^3$ after 6 weeks. The pile was covered with polyethylene and was exposed to the sun but sheltered from snow, wind and rain.

Le taux d'extraction de chaleur du tas a été mesuré indirectement à environ 10 kW. Ce taux était maintenu pendant quatres heures puis interrompu pendant vingt heures. L'extraction de chaleur commençait lorsque la température du compost était d'environ 55°C. Le volume du tas était d'environ 80 $m^3$ lors de la construction et a été réduit à 23 $m^3$ après 6 semaines. Le tas était recouvert de polyéthylène et exposé au soleil, mais abrité des intempéries (neige, vent, pluie).

It was concluded that further work is required to develop an overall design for the material handling and the composting chamber to improve the technical feasibility of the system, and to identify an overall design suitable for a large scale greenhouse operation. The results of the test compost pile and system showed the technical feasibility of useful heat extraction from a compost pile but this particular system is not economically feasible.

Le rapport conclut qu'il faudra d'autres travaux pour développer un concept global pour la chambre à compost et la manutention des matières afin d'améliorer la faisabilité technique du système et d'en arriver à une installation bien adaptée aux grandes exploitations en serre. Les résultats obtenus avec le tas de compost et l'installation d'essai démontrent la faisabilité technique de l'extraction de chaleur d'un compost, mais l'installation étudiée n'est pas économiquement viable.



Blower controlling air movement through the outside compost pile (left) and planting beds covered with plastic tunnels inside the greenhouse (right).
Soufflante assurante la circulation d'air dans le tas de compost extérieur (gauche) et lits de plantation recouverts de tunnels de plastique dans la serre (droite).

| | | |
|---|---|---|
| Contractor- | Westwind Gardens, Mountain, Ont. | -Entrepreneur |
| Project Leader- | R. Peters | -Responsable du projet |
| Sci. Authority- | H.A. Jackson, Eng. & Stat. Res. Inst. | -Expert scientifique |
| Project File No.- | 01843-0-SG03 | -Numéro du projet |
| Serial No.- | 0SZ80-00105 | -Numéro de série |
| Contract Cost- | $3,400 | -Coût du contrat |

## MONITORING A COMMERCIAL GREENHOUSE FITTED WITH SOLAR COLLECTOR AND HEAT EXCHANGER

### OBJECTIVES

To monitor performance and analyse efficiency and economics of an internal solar heat collector and soil storage system, and an air - air heat exchanger, installed in a commerical greenhouse.

### SUMMARY

Instrumentation was set up and the greenhouse operation monitored for one season (1981). Some technical and other project problems precluded further work to replicate the data.

The existing installation consisted of a 30- x 72-ft quonset, double-poly greenhouse with fibreglass gable ends. Insulation was added to the gable ends and knee walls, and weather-stripping added to the doors. A retractable heat blanket and 75000 BTU/h oil furnace were also included.

A 24-inch, perforated, reinforced polyethylene tube suspended from the ridge and two-speed greenhouse recirculation fan, were used to collect warm air from the upper levels of the greenhouse. The warm air could be circulated to 12 unperforated, 4-inch, plastic drain tiles buried 18 inches below the growing bed surface, or vented through an air - air heat exchanger at one gable end. The heat exchanger consisted of alternate wood frame channels separated by polyethylene sheets, designed for low pressure drop and drainage of condensed moisture. Air flow and introduction of make-up air was controlled automatically.

Appropriate temperature probes and solàrimeters were installed, along with a data logger to monitor and record operational information. Data was collected during the spring of 1981, but problems with the data logger reduced the amount of information collected. Insufficient strength of the reinforcement in the air

## CONTRÔLE D'UNE SERRE COMMERCIALE ÉQUIPÉE D'UN CAPTEUR SOLAIRE ET D'UN ÉCHANGEUR DE CHALEUR

### OBJECTIFS

Contrôler le rendement et analyser l'efficience et l'économie d'un système interne de captage de l'énergie solaire et de stockage de cette énergie dans le sol, ainsi que d'un échangeur de chaleur air - air installé dans une serre commerciale.

### RÉSUMÉ

L'appareillage a été monté et l'exploitation de la serre a été suivie de près pendant une saison (1981). Certains problèmes techniques et d'autres problèmes liés au projet ont empêché d'autres travaux de reproduire les données.

L'installation se composait d'une serre tunnel de 30 pi x 72 pi à double parois de polyéthylène aux extrémités en fibre de verre. Les extrémités et les murs nains ont été isolés et un coupe-froid a été ajouté aux portes. Une couverture thermique escamotable et une chaudière au mazout de 75 000 BTU/h ont également été installées.

Un tube en polyéthylène renforcé et perforé, de 24 po de diamètre, suspendu au faîte et un ventilateur recirculant deux vitesses ont servi à collecter l'air chaud de la partie supérieure de la serre. L'air chaud pouvait être acheminé vers 12 tuyaux de drainage en plastique non perforés de 4 po de diamètre enfouis à 18 po de profondeur sous les planches de culture, ou pulsé au travers d'un échangeur de chaleur air - air à une extrémité de la serre. L'échangeur de chaleur se composait de conduits en bois alternants séparés par des feuilles de polyéthylène, conçus pour les faibles chutes de pression et l'écoulement de l'humidité condensée. Les débits d'écoulement de l'air et l'entrée d'air de remplacement étaient contrôlés automatiquement.

Des thermosondes et solarimètres appropriés ont été installés avec un registre des données pour suivre de près et enregistrer l'information opérationnelle. Les données ont été recueillies au printemps de 1981, mais des problèmes avec le registre ont réduit la somme d'informations recueillies. La résistance insuffisante du matériau d'armature du tube de

collection tube resulted in partial collapse of the tube, reducing air flow.

The amount of data collected was too small to make many conclusions concerning the overall performance of the greenhouse. It did show, however, that on cold, sunny, March days there was considerable excess heat available between 09:00 and 15:00 h. It also showed the advantage of letting greenhouse air temperatures drop to below 5°C after dark to reduce nighttime heating requirements. There was an indication that the internal collection/storage system was capable of keeping the greenhouse at satisfactory operating temperatures by storing the excess heat without ventilation in the spring. It also showed that if the excess heat can be stored it could contribute to the heat load of the greenhouse well into the evening.

The ground tubes are useful at both storing the excess heat and warming the root area of the soil bed, and in delivering stored heat by natural thermosyphoning to the greenhouse at night. Data was insufficient to estimate how much this contributed.

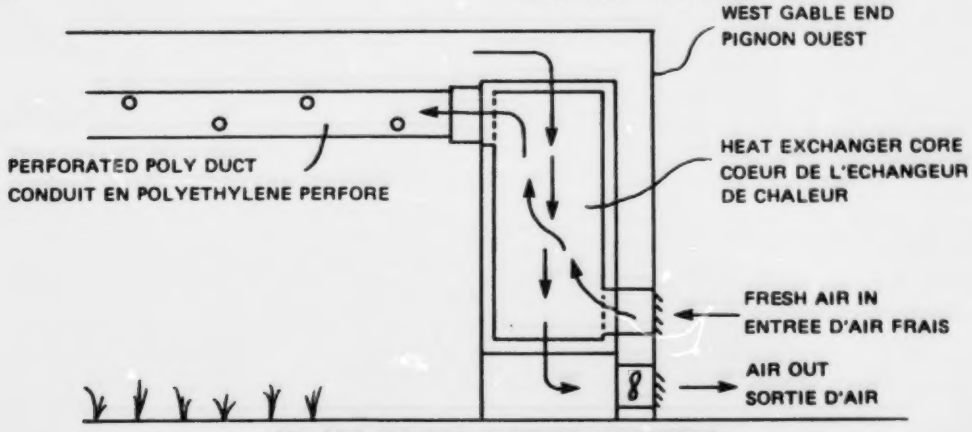
The estimated cost of the collection and storage system over and above the cost of a standard air circulation system was $1000, including duct work, drain tile, thermostat, and labour. The payback period for this type of system was estimated at less than 2 years and therefore warrants further study. The estimated cost of the heat exchanger including lumber, fan, accessories and labour was between $750 and $1000. It only seems warranted when fairly large air changes are required in the greenhouse.

collecte de l'air a entraîné l'affaissement partiel du tube, réduisant ainsi la circulation d'air.

La somme de données recueillies a été insuffisante pour dégager de nombreuses conclusions concernant le rendement global de la serre. Mais ces données ont toutefois révélé que par temps froid et ensoleillé en mars, la serre disposait d'un surplus de chaleur considérable entre 9 h et 15 h. Elles ont également montré l'avantage qu'il y a à laisser la température de l'air de la serre descendre en dessous de 5°C après la tombée de la nuit pour réduire des besoins de chauffage la nuit. Il semblerait que le système interne de captage et de stockage soit capable de maintenir la serre à des températures satisfaisantes d'exploitation par le stockage du surplus de chaleur sans devoir recourir à la ventilation au printemps. Les données révèlent également que s'il est possible de stocker la chaleur excédentaire, celle-ci pourrait contribuer à maintenir la charge thermique de la serre fort avant dans la soirée.

Des tubes au sol servent à stocker la chaleur excédentaire, à réchauffer la zone racinaire des planches de culture et à restituer la chaleur emmagasinée par thermosiphonnage naturel à l'intérieur de la serre la nuit. Les données étaient insuffisantes pour estimer l'ampleur de ce phénomène.

Le coût du système de captage et de stockage, en sus du coût d'un système courant de circulation d'air, a été estimé à 1000 $, y compris le réseau de distribution par conduits, les tuyaux de drainage, le thermostat et la main-d'oeuvre. Le délai de récupération pour ce genre de système a été estimé à moins de deux ans, ce qui justifie donc une étude plus poussée. Le coût de l'échangeur de chaleur, y compris le bois, le ventilateur, les accessoires et la main-d'oeuvre, a été estimé entre 750 et 1000 $. Il semble justifié lorsque la serre nécessite des changements d'air assez importants.




Air duct and heat exchanger arrangement.
Assemblage conduit d'air et échangeur de chaleur.

| | | |
|---|---|---|
| Contractor- | Ecole Polytechnique de Montréal (Québec) | -Entrepreneur |
| Project Leader- | J. Paris, Centre de Développement Technologique | -Responsable du projet |
| Sci. Authority- | H.A. Jackson, Inst. rech. tech. & stat. | -Expert scientifique |
| Project File No.- | 01843-0-SG05 | -Numéro du projet |
| Serial No.- | OSU80-00360 | -Numéro de série |
| Contract Cost- | 59 000 $ | -Coût du contrat |

## SOLAR GREENHOUSE FOR COMMERCIAL AGRICULTURAL PRODUCTION IN CANADIAN CLIMATIC CONDITIONS - PHASE II

### OBJECTIVES

To monitor, evaluate and compare two commercial-size greenhouse modules that are identical except for the heating system. One module has the solar heating system developed in Phase I (contract 9-1921, summarized in report I-454), while the second module has a conventional greenhouse heating system.

### SUMMARY

An experimental energy management system was set up and tested in a commercial agricultural greenhouse. It was installed in the spring of 1982 and data collected during spring and autumn 1982, and spring 1983 operations.

The system comprises a bed of rocks located beneath the growing bed and a thermal curtain. In cold seasons, the rock bed is heated by an oil furnace. In warmer seasons (spring, autumn), excess greenhouse heat is stored in the rock bed by circulating the warm air drawn from the greenhouse ridge. The stored energy heats the greenhouse soil by conduction, and may be used to heat the greenhouse air. The plant roots being warm, the greenhouse air may be kept at a temperature significantly less than that of a conventional greenhouse.

An average heat savings of 35% (thermal curtain - 10%, heat storage and recapture - 10%, reduced nighttime temperature - 15%) was measured with the system operating in warm season mode. The low efficiency of the curtain was due to the porous material used (Reemay 2016) and the lack of sealing at the closures. The low efficiency of heat storage and recapture was due to uneven air flow from the greenhouse ridge, heat losses in the ventilation ducts and an air circulation fan of too great a capacity for the quantity of energy

## SERRE SOLAIRE POUR LA PRODUCTION AGRICOLE COMMERCIALE DANS LES CONDITIONS CLIMATIQUES CANADIENNES - PHASE II

### OBJECTIFS

Controller, évaluer et comparer deux serres de dimensions commerciales, et identiques, exception faites des systèmes de chauffage. L'une des serres est pourvue d'un système de chauffage à l'énergie solaire dont la conception fut l'objet de recherche de la Phase I (contrat 9-1921, le résumé dans le bulletin I-454), tandis que l'autre est dotée d'un système de chauffage de type conventionnel.

### RÉSUMÉ

Un système expérimental de gestion de l'énergie a été aménagé et expérimenté dans une serre agricole commerciale. Il a été installé au printemps 1982 et des données ont été recueillies lors de son opération au printemps et à l'automne 1982 ainsi qu'au printemps 1983.

Le système est composé d'un lit de roches placé sous la terre de culture et d'une couverture thermique. En saison froide, le lit de roches tire sa chaleur d'un chaudière au mazout. En saison intermédiaire (printemps, automne), l'excédent de chaleur de la serre est emmagasiné dans le lit de roches par circulation de l'air chaud prélevé au faîte de la serre. L'énergie emmagasinée chauffe le sol de la serre par conduction et peut être utilisée pour chauffer l'air de la serre. Les racines des plantes étant au chaud, l'air de la serre peut être maintenu à une température sensiblement inférieure à celle d'une serre conventionnelle.

Une économie moyenne de chauffage de 35% (couverture thermique - 10%, emmagasinage et récupération de chaleur - 10%, abaissement de la consigne de température de nuit - 15%) a été mesurée lorsque le système de gestion fonctionne en mode de saison intermédiaire. La faible rendement de la couverture est attribuable à la porosité du matériel utilisé (Reemay 2016) et au manque d'étanchéité des joints de fermeture. Le faible rendement des opérations d'emmagasinage et de récupération de chaleur est attribuable à un tirage inégal de l'air au faîte de la serre, aux pertes de chaleur dans les conduites de

transfered.

Virtually no energy saving can be expected for winter operation of the system. Thermal losses from the rock bed to the soil below and the greenhouse periphery are the main cause of this low efficiency. By contrast, heat transfer between the rocks and the circulating air in the bed is excellent. Temperature gradients in the rock bed result in some operational control problems. Water seepage into the bed is another problem encountered but could be resolved by adequate drainage. Bed drainage accelerates soil drying, however, requiring appropriate adjustment of the watering schedule.

An estimate of the cost if such a system was commercialized is $\$49/m^2$. On an annual basis (10 months of crop per year), the prototype could deliver an overall heat savings around 15% ($\$1.60/m^2$ per year) and does not justify the investment. The operating principle of the management system remains useful, however, but to be profitable the savings need to be in the order of 50%

ventilation et au ventilateur de circulation d'air qui est trop puissant par rapport à la quantité d'énergie déplacée.

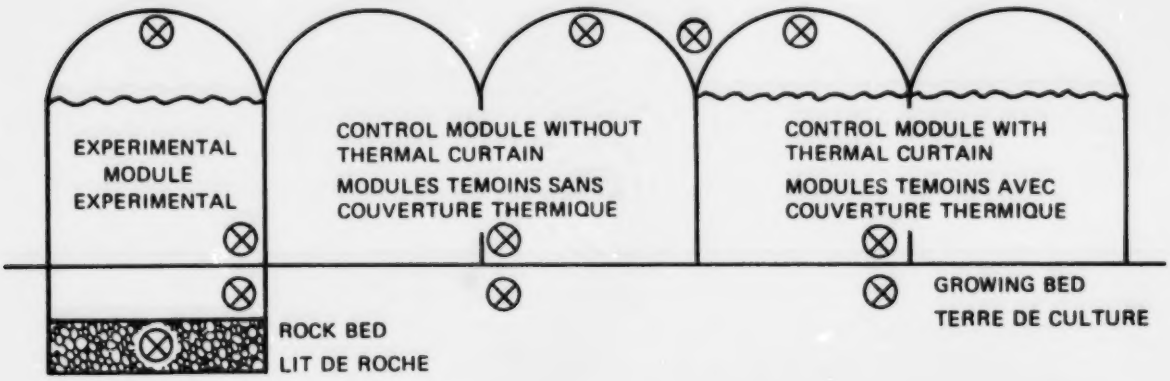
On prévoit une économie d'énergie presque nulle lorsque le système fonctionne en mode hivernal. Les pertes thermiques du lit de roches vers le sous-sol et la périphérie de la serre sont la principale cause de ce faible rendement. Le transfert de chaleur entre la roche dans le lit et l'air qui y circule est par contre excellent. La présence de gradients de température dans le lit de roches entraîne quelques problèmes dans le contrôle des opérations. L'infiltration d'eau dans le lit est un autre problème rencontré mais qui pourrait être résolu par un drainage adéquat. Le drainage du lit accélère toutefois l'assèchement du sol et demande un certain ajustement de la régie de l'eau d'arrosage.

On évalue à $\$49/m^2$ le coût d'un tel système s'il était commercialisé. Sur une base annuelle (10 mois de culture par année), le prototype pourrait réaliser une économie globale de chauffage de l'ordre de 15% (1,60 $\$/m^2$ par année) et ne justifie pas l'investissement. Le principe de fonctionnement du système de gestion reste toutefois très valable mais pour être rentable son rendement devrait être de l'ordre de 50%.

Associated Publication:

Publication de ce travail:

Bricault, M., Jérémie, C., Paris, J., and Jackson, H.A. 1982. Récupération et gestion de l'énergie dans une serre, un système expérimental en vraie grandeur. Solar Energy Society of Canada, Proceedings of ENERGEX '82, 1:385-390.




Emplacement des prises de température (⊗) dans les serres.
Temperature measurement locations (⊗) in the greenhouses.

| | | |
|---|---|---|
| Contractor- | Appin Solar Assoc. Inc., Winnipeg, Man. | -Entrepreneur |
| Project Leader- | G.S. Bowman, P.Eng. | -Responsable du projet |
| Sci. Authority - | H.R. Davidson & D.W. Campbell, Swift Current Research Station | -Expert scientifique |
| Project File No.- | 01843-0-SG02 | -Numéro du projet |
| Serial No.- | 0SZ80-00102 | -Numero de série |
| Contract Cost- | $3,600 | -Coût du contrat |

## FEASIBILITY ASSESSMENT OF GROWING GREENHOUSE FOOD CROPS USING WASTE HEAT FROM EXISTING BUILDINGS

### OBJECTIVES

To demonstrate the economic production of greenhouse food crops in Winnipeg using available waste heat sources from an existing building. Employ innovative design and insulation methods, heat recovery and advanced semi-hydroponic horticultural growing methods. Build the greenhouse on a typical urban industrial building, such as a low-rise apartment block with a flat, poorly-insulated roof. Use heat recovery systems controlled by a microprocessor to recover waste heat from, and return surplus heat to, the building. Grow tomato and lettuce crops in mid-winter for local sale.

### SUMMARY

A succession of legal and zoning problems resulted in numerous delays, causing Agriculture Canada to reevaluate the priority of the project. It was decided to reduce the scope to a feasibility study, instead of a comprehensive test.

The report records the approach taken to identify and solve the unique technical and social problems involved with such a concept, but no significant conclusions could be made. Factors dealt with included choice of host building, greenhouse design, supplementary heating, instrumentation, produce marketing, and zoning considerations. The report serves as a starting point in the event of such a concept being considered.

## ÉTUDE DE FAISABILITÉ SUR LA PRODUCTION DE CULTURE VIVRIÈRES EN SERRE À L'AIDE DE CHALEUR RÉSIDUELLE PROVENANT DE BÂTIMENTS EXISTANTS

### OBJECTIFS

Démontrer la faisabilité de produire économiquement des cultures vivrières en serre à Winnipeg au moyen des sources de chaleur résiduelle disponibles provenant d'un bâtiment existant. Utiliser des méthodes de conception et d'isolation innovatrices, ainsi que des méthodes de récupération de la chaleur et des techniques avancées de culture horticole semi-hydroponique. Construire la serre sur un bâtiment industriel typique d'une agglomération urbaine, comme un immeuble à appartements bas à toit plat et mal isolé. Utiliser des systèmes de récupération de la chaleur contrôlés par un micro-processeur pour récupérer la chaleur résiduelle du bâtiment et lui restituer de la chaleur excédentaire. Cultiver des tomates et de la laitue au milieu de l'hiver aux fins de vente locale.

### RÉSUMÉ

Une succession de problèmes juridiques et de zonage ont entraîné de nombreux délais et ont forcé Agriculture Canada à réévaluer la priorité du projet. Il a été décidé de réduire l'envergure du projet à une étude de faisabilité au lieu de procéder à un essai détaillé.

Le rapport fait état de la solution retenue pour identifier et résoudre les problèmes sociaux et techniques uniques en cause pour ce genre de concept, mais aucune conclusion importante n'a pu être tirée. Les facteurs examinés comprenaient le choix du bâtiment hôte, la conception de la serre, le chauffage d'appoint, l'appareillage, la commercialisation du produit et le zonage. Le rapport sert de point de départ en prévision de l'étude d'un tel concept.

## REFERENCES

(Summary reports and other reviews of the work done under ERDAF and AERD).

### ERDAF Summaries

Van Die, P., 1980. Summary of Agriculture Canada's energy research and development contract reports. Engineering & Statistical Research Institute, Agriculture Canada, Rept. No. I-233, 27 pp.

Feldman, M. (ed.), 1982. Summary of Agriculture Canada's energy research and development contract reports (1979-80). Engineering and Statistical Research Institute, Agriculture Canada, Rept. No. I-454, 24 pp.

Feldman, M., 1985. Summary of 1980-83 contract reports of the Energy Research and Development in Agriculture and Food (ERDAF) program. Engineering and Statistical Research Institute, Agriculture Canada, Rept. No. 8124 I-743, 72 pp.

### AERD (& DREAM) Summaries

1975. Summary of 1974-75 contract reports of the Research, Development and Evaluation in Agricultural Mechanization (DREAM) Program. Engineering Research Service, Agriculture Canada, Rept. No. 7411-537, 48 pp.

1976. Summary of 1975-76 contract reports of the Research Development and Evaluation in Agricultural Mechanization (DREAM) Program. Engineering Research Service, Agriculture Canada, Rept. No. 595, 38 pp.

Feldman, M., 1977. Summary of 1976-77 contract reports of the Research, Development and Evaluation in Agricultural Mechanization (DREAM) Program. Engineering Research Service, Agriculture Canada, Rept. No. 7411-682, 30 pp.

Feldman, M., 1979. Summary of 1977-78 contract reports of the Agricultural Engineering Research and Development (AERD) Program. Engineering & Statistical Research Institute, Agriculture Canada, Rept. No. 7826-I-117, 30 pp.

## RÉFÉRENCES

(Les résumés et de diverses études portant sur le travail effectué dans le cadre du RDEAA et RDGR).

### Résumés du RDEAA

Van Die, P., 1980. Résumé des rapports des travaux fait sous contrat dans le Program de recherche et développement en énergie de l'Agriculture Canada. Institut de recherche technique et statistique. Rapport N° I-233, 27 pp.

Feldman, M. (éd.), 1982. Résumé des rapports des travaux fait sous contrat dans le Programme de recherche et de développement en énergie de l'Agriculture Canada (1979-80). Institut de recherche technique et statistique. Rapport N° I-454, 24 pp.

Feldman, M., 1985. Résumé des rapports des travaux faits sous contrat en 1980-83 dans le cadre du Programme de recherche et de développement énergetique dans l'agro-alimentaire (RDEAA). Institut de recherche technique et statistque. Rapport N° 8124-I-743, 72 pp.

### Résumé du RDGR (et DREMA)

pas disponible en Français

pas disponible en Français

Feldman, M., 1977. Résumé des rapports de travaux faits sous contrat en 1976-77 dans le cadre du Programme de développement, de recherche et d'évaluation en mécanisation agricole (DREMA). Service de recherches techniques, Agriculture Canada, Rapport N° 7411-682, 30 pp.

Feldman, M., 1979. Résumé des rapports des travaux faits sous contrat en 1977-78 dans le cadre du Programme de recherche et de développement en génie rural (RDGR). Institut de recherche technique et statistique, Agriculture Canada, Rapport N° 7826- I-117, 30 pp.

Feldman, M., (ed.), 1980. Summary of 1978-79 contract reports of the Agricultural Engineering Research and Development (AERD) Program. Engineering & Statistical Research Institute, Agriculture Canada, Rept. No. I-212, 52 pp.

Feldman, M., (éd.), 1980. Résumé des rapports des travaux faits sous contrat en 1978-79 dans le cadre du Programme de recherche et de développement en génie rural (RDGR). Institut de recherche technique et statistique, Agriculture Canada, Rapport N° I-212, 52 pp.

Feldman, M. (ed.), 1982. Summary of 1979-80 contract reports of the Agricultural Engineering and Development (AERD) Program. Engineering & Statistical Research Institute, Agriculture Canada, Rept. No. I-419, 48 pp.

Feldman, M. (éd.), 1982. Résumé des rapports des travaux fait sous contrat dans le cadre du Programme de recherche et de développement en génie rural (RDGR). Institut de recherche technique et statistique, Agriculture Canada, Rapport N° I-419, 48 pp.

Feldman, M. (ed.), 1984. Summary of 1980-81 contract reports of the Agricultural Engineering Research and Development (AERD) Program. Engineering & Statistical Research Institute, Agriculture Canada, Rept. No. 7826-I-595, 49 pp.

Feldman, M. (éd.). Résumé des rapports des travaux faits sous contrat en 1980-81 dans le cadre du Programme de recherche et de développement en génie rural. Institut de recherche technique et statistique, Agriculture Canada, Rapport N° 7826-I-595, 49 pp.

Korven, H.C. (ed.). Summary of 1981-83 contract reports of the Agricultural Engineering Research and Development (AERD) Program. Prairie Region, Research Branch, Agriculture Canada, 87 pp.

Korven, H.C. (éd.). Résumé des rapports des travaux faits sous contrat en 1981-83 dans le cadre du Programme de recherche et de développement en génie rural (RDGR). Region des prairies, Direction générale de la recherche, Agriculture Canada, 87 pp.

Brandt, M. (ed.). Summary of 1983-84 contract reports of the Agricultural Engineering Research and Development (AERD) Program. Prairie Region, Research Branch, Agriculture Canada, 49 pp.

Brandt, M. (éd.). Résumé des rapports des travaux faits sous contrat en 1983-84 dans le cadre du Programme de recherche et de développement en génie rural (RDGR). Region des prairie, Direction générale de la recherche, Agriculture Canada, 49 pp.

Program Descriptions

Descriptions des Programmes

Feldman, M., 1977. Dream Program - development, research and evaluation in agricultural mechanization. Engineering Research Service, Agriculture Canada, Rept. No. 7411-657, 10 pp.

pas disponible en Français

Feldman M., Downing, C.G.E., 1977. Agriculture Canada's DREAM program. Can. Soc. Agr. Eng. (CSAE) Annual Meeting, Paper No. 77-316, 10 pp.

pas disponbile en Français

Feldman, M., Van Die, P., 1979. Agriculture Canada's contracting out program in agricultural research and development (AERD). Engineering & Statistical Research Institute, Agriculture Canada, Rept. No 7826-I-147, 14 pp.

Feldman, M., Van Die, P., 1979. Programme d'impartition pour la recherche et le développement en génie rural (RDGR). Institut de recherche technique et statistique, Agriculture Canada, Rapport N° 7826-I-147, 14 pp.

Van Die, P. (ed.), 1982. Agriculture Canada's energy research and development in agriculture and food (ERDAF) program. Engineering & Statistical Research Institute, Agriculture Canada, Rept. No. I-107R, 49 pp.

pas disponible en Français

Feldman, M., 1983. Energy research and development in agriculture and food (ERDAF) - an Agriculture Canada contracting out program. Engineering & Statistical Research Institute, Agriculture Canada, Rept. No. 8124-I-500, 17 pp.

LeBlanc, D.I., 1975. Food processing, distribution and retailing energy research, development and demonstration projects in Canada. Engineering & Statistical Research Institute, Agriculture Canada. Report No. I-694, 31 pp.

Contracts List

Morrison, B.A., Thuns, A., 1985. Listing of engineering research contract reports under the DREAM, AERD and ERDAF programs of the Research Branch 1973-85. Engineering & Statistical Research Institute, Agriculture Canada, Report No. I-777, 158 pp.

Technical Reports

Jackson, H.A., 1982. Greenhouse energy research and demonstration in Canada. Engineering & Statistical Research Institute, Agriculture Canada, Rept. No. 8233-I-428, 45 pp.

Calver, G.L., 1982. Energy inputs to agricultural production in Canada. Research, development and demonstration needs. Engineering & Statistical Research Institute, Agriculture Canada, Rept. No. I-453, 80 pp.

Hayes, R.D., 1983. Proceedings of the energy research and development in agriculture and food liquid fuels and energy crops contractors review workshop. Engineering & Statistical Research Institute, Agriculture Canada, Rept. No. I-462, 255 pp.

Downing, C.G.E., Powrie, W.D. (eds.), 1983. Strategy for energy research, development and demonstration in the agriculture and food system. Engineering & Statistical Research Institute, Agriculture Canada, Rept. No. I-526, 84 pp.

Van Die, P., LeBlanc, D., 1983. Summary of achievements of Agriculture Canada's energy research and development in agriculture and food (ERDAF) program. Engineering & Statistical Research Institute, Agriculture Canada, Rept. No. 8124-I-530, 32 pp.

Feldman, M., 1983. Recherche et développement énergétiques dans l'agro-alimentarire (RDEAA) - un programme d'impartition d'Agriculture Canada. Institut de recherche technique et statistique, Agriculture Canada, Rapport N° 8124-I-500, 17 pp.

Leblanc, D.I. 1975. Projets de recherche, développement et démonstration en énergie dans le secteur de la transformation, de la distribution et de la vente au detail des aliments. Institut de recherche technique et statistique, Agriculture Canada, Rapport N° I-694, 37 pp.

Liste des contrats

Morrison, B.A., Thuns, A., 1985. Liste des rapports de contrats de recherches techniques réalisés au titre des Programmes DREMA, RDGR et RDEAA de la Direction générale de la recherche de 1973 à 1985. Institut de recherche technique et statistique, Agriculture Canada, Rapport N° I-777, 158 pp.

Les rapports techniques

Jackson, H.A., 1982. Serriculture et énergie: projets de recherche et de démonstration au Canada. Institut de recherche technique et statistique, Agriculture Canada, Rapport N° 8233-I-428, 53 pp.

Calver, G.L., 1982. Utilisation de l'énergie dans la production au Canada. Besoins de recherche, de développement et de démonstration. Institut de recherche technique et statistique, Agriculture Canada, Rapport N° I-453, 94 pp.

Hayes, R.D., 1983. Compte rendu de l'atelier des entrepreneurs charges des sous-programmes sur les combustibles liquides et les culture énergétiques du programme de recherche et de développement sur l'énergie dans le secteur agro-alimentaire. Institut de recherche technique et statistique, Agriculture Canada, Rapport N° I-462, 266 pp.

Downing, C.G.E., Powrie, W.D. (éds.), 1983. La strategie de recherche, de développement et de démonstration sur l'utilisation de l'énergie dans le système agro-alimentaire. Institut de recherche technique et statistique, Agriculture Canada, Rapport N° I-526, 84 pp.

Van Die, P., Leblanc, D., 1983. Sommaire des réalisations du programme de recherche et développement énergétiques dans l'agro-alimentaire (RDEAA). Institut de recherche technique et statistique, Agriculture Canada, Rapport N° 8124-I-530, 40 pp.

Jackson, H.A., 1983. Solar energy in Canadian agriculture. Engineering & Statistical Research Institute, Agriculture Canada, Rept. No. I-569, 88 pp.

Feldman, M., Van Die, P. (eds.), 1984. Proc. of the 1984 planning meeting for the Energy Research and Development in Agriculture and Food (ERDAF) program. Engineering & Statistical Research Institute, Agriculture Canada, Rept. No. 8124-I-574, 82 pp.

Sidaway-Wolf, D.M., Boston, R., 1984. An energy analysis of consumer food products packaging--summary report. Engineering & Statistical Research Institute, Agriculture Canada, Rept. No. 8369-I-678, 22 pp.

Van Die, P., 1987. An assessment of Agriculture Canada's Anaerobic Digestion Program. Engineering & Statistical Research Centre, Agriculture Canada, Rept. No. I-933, 73 pp.

Anon., 1984. Heat recovery for Canadian food and beverge industries. Communications Branch, Agriculture Canada, Publication 5181E, 22 pp.

Jensen, E., 1985. Saving energy and dollars on the farm. Communications Branch, Agriculture Canada, Publication 1775E, 102 pp.

Winfield, R.G., 1986. Good energy management in farm livestock buildings. Communications Branch, Agriculture Canada, Publication 1799E, 48 pp.

Muller, P.G., Jackson, H.A., 1986. An evaluation of the technical and economic feasibility of greenhouse hydroponic systems with particular reference to energy conservation. Engineering & Statistical Research Centre, Report No. I-835, 29 pp.

Jackson, H.A., 1986. Greenhouse energy conservation in Canada: Present status and future emphasis. Engineering & Statistical Research Centre, Agriculture Canada, Rept. No. I-899, 111 pp.

Anon., 1987. Energy-conserving urban greenhouses for Canada - construction and management. Research Branch, Agriculture Canada, Publication 1814E, 73 pp.

Jackson, H.A., 1983. L'énergie solaire dans l'agriculture canadienne. Institut de recherche technique et statistique, Agriculture Canada, Rapport N° I-569, 109 pp.

Feldman, M., Van Die, P. (éds.), 1984. Compte rendu de la réunion de planification de 1984 sur le Programme de recherche et de développement énergétiques dans l'agro-alimentaires (RDEAA). Institut de recherche technique et statistique, Agriculture Canada, Rapport N° 8124-I-574, 96 pp.

Sidaway-Wolf, D.M., Boston, R., 1984. Analyses des ressources énergétiques consacrées a l'embalage des produits alimentaires--Rapport sommaire. Institut de recherche technique et statistique, Agriculture Canada, Rapport N° 8369-I-678, 22 pp.

Van Die, P., 1987. Évaluation du programme de digestion anaérobie d'Agriculture Canada. Centre de recherche technique et statistique, Agriculture Canada, Rapport N° I-933, 88 pp.

Anon., 1984. La récupération de la chaleur dans l'industrie des aliments et des boissons. Direction générale des communications, Agriculture Canada, publication N° 5181F, 30 pp.

Jensen, E., 1985. Comment économiser énergie et dollars à la ferme. Direction générale des communications, Agriculture Canada, publication N° 1775F, 102 pp.

Winfield, R.G., 1986. Consommation efficace de l'énergie dans les bâtiments d'élevage agricole. Direction générale des communications, Agriculture Canada, publication N° 1799F, 53 pp.

Muller, P.G., Jackson, H.A., 1986. Une évaluation de la faisabilité technique et économique des systèmes hydroponiques en serre pour ce qui touche la conservation de l'énergie. Centre de recherche technique et statistique, Agriculture Canada, Rapport N° I-835, 32 pp.

Jackson, H.A., 1986. Conservation de l'énergie dans les serres au Canada: État actuel et orientations futures. Centre de recherche technique et statistique, Agriculture Canada, Rapport N° I-899, 122 pp.

Anon., 1987. Les économies d'énergie dans les serres urbaines au Canada - construction et exploitation. Direction générale de la recherche, Agriculture Canada, publication N° 1814F, 82 pp.